



SE-US035180

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Takeshi HIROSE

Serial No.: 10/730,257

Filed: December 9, 2003

For: INFORMATION PROCESSING DEVICE
FOR DIVER, CONTROL METHOD,
CONTROL PROGRAM AND RECORDING
MEDIUM THEREOF, DIVING
EQUIPMENT, CONTROL METHOD OF
DIVING EQUIPMENT

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

The Assistant Commissioner of Patents
Washington, DC 20231

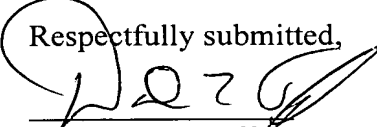
Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. §119, Applicant files herewith certified copies of the following Japanese Applications in accordance with the International Convention for the Protection of Industrial Property, 53 Stat. 1748:

Japanese Application No. 2002-359191, filed December 11, 2002;
Japanese Application No. 2002-359192, filed December 11, 2002;
Japanese Application No. 2002-368170, filed December 19, 2002;
Japanese Application No. 2003-367213, filed October 28, 2003;
Japanese Application No. 2003-367214, filed October 28, 2003; and
Japanese Application No. 2003-367215, filed October 28, 2003.

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. §119 in accordance with the International Convention for the Protection of Industrial Property, 53 Stat. 1748.

Respectfully submitted,


David L. Tarnoff
Attorney of Record
Reg. No. 32,383

SHINJYU GLOBAL IP COUNSELORS, LLP
1233 Twentieth Street, NW, Suite 700
Washington, DC 20036
(202)-293-0444
Dated: 8-16-04

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 0 月 2 8 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 6 7 2 1 5
Application Number:
[J P 2 0 0 3 - 3 6 7 2 1 5]

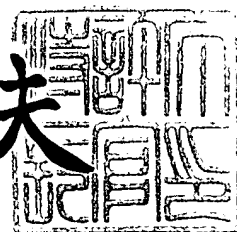
出 願 人 セイコーエプソン株式会社
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 3 年 1 1 月 2 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 J0102901
【提出日】 平成15年10月28日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B63C 11/32
G04G 1/00 315

【発明者】
【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
【氏名】 廣瀬 健
【特許出願人】
【識別番号】 000002369
【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社
【代理人】
【識別番号】 100091823
【弁理士】
【氏名又は名称】 櫛渕 昌之
【選任した代理人】
【識別番号】 100101775
【弁理士】
【氏名又は名称】 櫛渕 一江
【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2002-368170
【出願日】 平成14年12月19日
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 044163
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0202069

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のポンペを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置であって、

酸素分圧の算出及び監視を行う酸素分圧算出・監視部を備え、操作者が前記潜水用ガスの混合比率の異なるポンペに切り替えるべく何れかのポンペを選択した場合に、当該選択したポンペが酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあると判定した場合には、前記選択したポンペへの切り替えを禁止させるべく処理を行うことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載のダイバーズ用情報処理装置において、
前記ポンペ内には前記潜水用ガスとして酸素を含有することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 記載のダイバーズ用情報処理装置において、
前記酸素分圧算出・監視部は、酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがあるかどうかを判断する酸素分圧違反判定部と、
酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがある場合にその旨を報知する報知部と、
を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 の何れかに記載のダイバーズ用情報処理装置において、
操作者が前記潜水用ガスの混合比率の同一若しくは異なるポンペに切り替えるべく選択し、選択したポンペの酸素分圧値が酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがないと判定された場合に当該選択したポンペへの切り替えを許可すべく処理を行うことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 5】

請求項 3 記載のダイバーズ用情報処理装置において、
前記報知部は、前記ポンペの切り替えの可否を表示、アラーム音、E L バックライト等により報知することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 6】

請求項 1 ないし請求項 5 の何れかに記載のダイバーズ用情報処理装置において、
潜水経過時間を計測する計時部と、
水深値を検出する水深計測部と、
予め定められた潜水経過時間に対応して水深計測部によって水深値を検出して、前記検出した水深値と潜水経過時間とを記憶する潜水情報記憶部と、
を備えることを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 7】

複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のポンペを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置であって、
潜水中における各前記ポンペの切換条件を前記ポンペ毎に記憶する切換条件記憶部と、
切り換え先の前記ポンペを操作者に選択させるための切り換え先ポンペ選択部と、
前記ポンペを切り換えたと仮定した場合に酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあるか否かを判別する安全性判別部と、
前記安全性判別部の判別結果が酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあると判別された場合にその旨を警告する警告部と、
を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載のダイバーズ用情報処理装置において、

前記選択された切り換え先のボンベについての情報を提示するボンベ情報提示部を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載のダイバーズ用情報処理装置において、

前記ボンベ情報提示部は、切り換え先のボンベについての情報として、当該切り換え先のボンベの潜水用ガスの混合比および前記ボンベを切り換えたと仮定した場合の潜水状態情報を提示することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 10】

請求項 9 記載のダイバーズ用情報処理装置において、

前記ボンベ情報提示部は、前記潜水状態情報として、無減圧潜水可能時間あるいは減圧潜水指示と、酸素分圧と、を提示することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 11】

複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置の制御方法であって、

酸素分圧の算出及び監視を行う酸素分圧算出・監視過程と、

操作者が前記潜水用ガスの混合比率の同一若しくは異なるボンベに切り替えるべく何れかのボンベを選択した場合に、当該選択したボンベが酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあると判定した場合には、前記選択したボンベへの切り替えを禁止させるべく処理を行う切換禁止過程と、

を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

【請求項 12】

請求項 11 記載のダイバーズ用情報処理装置の制御方法において、

前記酸素分圧算出・監視過程は、酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがあるかどうかを判断する酸素分圧違反判定過程と、

酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがある場合にその旨を報知する報知過程と、

を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

【請求項 13】

請求項 11 または請求項 12 記載のダイバーズ用情報処理装置の制御方法において、

操作者が前記潜水用ガスの混合比率の異なるボンベに切り替えるべく選択し、選択したボンベの酸素分圧値が酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがないと判定された場合に当該選択したボンベへの切り替えを許可すべく処理を行うことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

【請求項 14】

請求項 12 記載のダイバーズ用情報処理装置の制御方法において、

前記報知過程は、前記ボンベの切り替えの可否を表示、アラーム音、EL バックライト等により報知することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

【請求項 15】

請求項 11 ないし請求項 14 の何れかに記載のダイバーズ用情報処理装置の制御方法において、

潜水経過時間を計測する計時過程と、

水深値を検出する水深計測過程と、

予め定められた潜水経過時間に対応して水深値を検出して、当該検出した水深値と潜水経過時間とを記憶する潜水情報記憶過程と、

を備えることを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

【請求項 16】

複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置の制御方法であって、

潜水中における各前記ボンベの切換条件を前記ボンベ毎に記憶する切換条件記憶過程と

切り換え先の前記ポンペを操作者に選択させるための切り換え先ポンペ選択過程と、
前記ポンペを切り換えたと仮定した場合に酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあるか否かを判別する安全性判別過程と、

前記安全性判別過程における判別結果が酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあると判別された場合にその旨を警告する警告過程と、

を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

【請求項 17】

請求項 16 記載のダイバーズ用情報処理装置の制御方法において、

前記選択された切り換え先のポンペについての情報を提示するポンペ情報提示過程を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

【請求項 18】

請求項 17 記載のダイバーズ用情報処理装置の制御方法において、

前記ポンペ情報提示過程は、切り換え先のポンペについての情報として、当該切り換え先のポンペの潜水用ガスの混合比および前記ポンペを切り換えたと仮定した場合の潜水状態情報を提示することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

【請求項 19】

請求項 18 記載のダイバーズ用情報処理装置の制御方法において、

前記ポンペ情報提示過程は、前記潜水状態情報として、無減圧潜水可能時間あるいは減圧潜水指示と、酸素分圧と、を提示することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

【請求項 20】

複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のポンペを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置をコンピュータにより制御するための制御プログラムであって、

酸素分圧の算出及び監視を行わせ、

操作者が前記潜水用ガスの混合比率の同一若しくは異なるポンペに切り替えるべく何れかのポンペを選択した場合に、当該選択したポンペが酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあるか否かを判定させ、

おそれがあると判定された場合には、前記選択したポンペへの切り替えを禁止させるべく処理を行わせる、

ことを特徴とする制御プログラム。

【請求項 21】

請求項 20 記載の制御プログラムにおいて、

前記酸素分圧に基づいて酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがあるか否かを判別させ、

酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがある場合にその旨を報知させる、

ことを特徴とする制御プログラム。

【請求項 22】

請求項 20 または請求項 21 記載の制御プログラムにおいて、

操作者が前記潜水用ガスの混合比率の同一若しくは異なるポンペに切り替えるべく選択し、選択したポンペの酸素分圧値が酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがないと判定された場合に当該選択したポンペへの切り替えを許可すべく処理を行わせる、ことを特徴とする制御プログラム。

【請求項 23】

請求項 21 記載の制御プログラムにおいて、

前記ポンペの切り替えの可否を表示、アラーム音、ELバックライト等により報知させることを特徴とする制御プログラム。

【請求項 24】

請求項 20 ないし請求項 23 の何れかに記載の制御プログラムにおいて、

潜水経過時間を計測させ、

水深値を検出させ、
予め定められた潜水経過時間に対応して水深値を検出させて、当該検出させた水深値と潜水経過時間とを記憶させる、
ことを特徴とする制御プログラム。

【請求項 2 5】

複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のポンプを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置をコンピュータにより制御するための制御プログラムであって、

潜水中における各前記ポンプの切換条件を前記ポンプ毎に記憶させ、
切り換え先の前記ポンプを操作者に選択させ、
前記ポンプを切り換えたと仮定した場合に酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあるか否かを判別させ、

酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあると判別された場合にその旨を警告させる、
ことを特徴とする制御プログラム。

【請求項 2 6】

請求項 2 5 記載の制御プログラムにおいて、
前記選択された切り換え先のポンプについての情報を提示させることを特徴とする制御プログラム。

【請求項 2 7】

請求項 2 6 記載の制御プログラムにおいて、
切り換え先のポンプについての情報として、当該切り換え先のポンプの潜水用ガスの混合比および前記ポンプを切り換えたと仮定した場合の潜水状態情報を提示させることを特徴とする制御プログラム。

【請求項 2 8】

請求項 2 7 記載の制御プログラムにおいて、
前記潜水状態情報として、無減圧潜水可能時間あるいは減圧潜水指示と、酸素分圧と、を提示させることを特徴とする制御プログラム。

【請求項 2 9】

請求項 2 0 ないし請求項 2 8 の何れかに記載の制御プログラムを記録したことを特徴とするコンピュータ読取可能な記録媒体。

【書類名】明細書

【発明の名称】ダイバーズ用情報処理装置、ダイバーズ用情報処理装置の制御方法、制御プログラムおよび記録媒体

【技術分野】**【0001】**

本発明は、ダイバーズ用情報処理装置、制御方法、制御プログラム及び記録媒体に係り、特に高深度潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置並びにその制御方法、制御プログラム及び記録媒体に関する。

【背景技術】**【0002】**

ダイビングにより体内に溶け込んだ呼吸気中の窒素などの不活性ガスは体内で気泡となって減圧症を招くことが知られている。

また、普通の空気を呼吸ガスとして使用する空気潜水では、体質や熟練度によっても差があるが、水深30メートル程度を越えて潜水をするといわゆる窒素中毒を起こす可能性が高くなる。

【0003】

このような問題を解決すべく、ダイブコンピュータと称せられるダイバーズ用情報処理装置として、潜水時に一定のアルゴリズムでダイバーの安全性を確保するのに必要な情報、例えば、現在的水深値や体内に過剰に蓄積された不活性ガスが排出されるまでの時間や安全な浮上速度を求め、それを液晶表示パネルなどの表示部に表示するものが知られている。このようなダイバーズ用情報処理装置は、例えば、特許文献1に開示されている。

また、さらに深度が深いダイビングを行う場合には、酸素濃度を高くした酸素および窒素の混合ガスを用いる混合ガス潜水が用いられている。

しかしながら、上述した従来の混合ガス潜水でも、水深40メートル程度を越えると酸素中毒を起こす可能性が高くなる。

さらに潜水用ガスの混合比が異なる複数のポンペを使用している場合には、切り替えを間違えると酸素欠乏にいたる可能性もある。

【特許文献1】特開平11-20787号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

ところで、作業潜水などにおいては、水深40メートルより深い水深に潜行するようなダイビング（高深度ダイビング）がごく普通に行われている。

そこで、本発明の目的は、高深度ダイビングにおいて減圧症、窒素中毒、酸素中毒あるいは酸素欠乏の発生を防止するための情報を提供することが可能なダイバーズ用情報処理装置並びにその制御方法、制御プログラム及び記録媒体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

上記課題を解決するため、複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のポンペを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置は、酸素分圧の算出及び監視を行う酸素分圧算出・監視部を備え、操作者が前記潜水用ガスの混合比率の異なるポンペに切り替えるべく何れかのポンペを選択した場合に、当該選択したポンペが酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあると判定した場合には、前記選択したポンペへの切り替えを禁止させるべく処理を行うことを特徴としている。

上記構成によれば、酸素分圧算出・監視部は、酸素分圧の算出及び監視を行う。

これにより、操作者が前記潜水用ガスの混合比率の異なるポンペに切り替えるべく何れかのポンペを選択した場合に、当該選択したポンペが酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあると判定した場合には、前記選択したポンペへの切り替えを禁止させるべく処理を行う。

【0006】

この場合において、前記ボンベ内には前記潜水用ガスとして酸素を含有するようにしてもよい。

また、前記酸素分圧算出・監視部は、酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがあるかどうかを判断する酸素分圧違反判定部と、酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがある場合にその旨を報知する報知部と、を備えるようにしてもよい。

さらに、操作者が前記潜水用ガスの混合比率の同一若しくは異なるボンベに切り替えるべく選択し、選択したボンベの酸素分圧値が酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがないと判定された場合に当該選択したボンベへの切り替えを許可すべく処理を行うようにしてもよい。

さらにまた、前記報知部は、前記ボンベの切り替えの可否を表示、アラーム音、E Lバックライト等により報知するようにしてもよい。

また、潜水経過時間を計測する計時部と、水深値を検出する水深計測部と、予め定められた潜水経過時間に対応して水深計測部によって水深値を検出して、前記検出した水深値と潜水経過時間とを記憶する潜水情報記憶部と、を備えるようにしてもよい。

【0007】

また、複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置は、潜水中における各前記ボンベの切換条件を前記ボンベ毎に記憶する切換条件記憶部と、切り換え先の前記ボンベを操作者に選択させるための切り換え先ボンベ選択部と、前記ボンベを切り換えたと仮定した場合に酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあるか否かを判別する安全性判別部と、前記安全性判別部の判別結果が酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあると判別された場合にその旨を警告する警告部と、を備えたことを特徴としている。

上記構成によれば、切換条件記憶部は、潜水中における各前記ボンベの切換条件を前記ボンベ毎に記憶する。

切り換え先ボンベ選択部は、切り換え先の前記ボンベを操作者に選択させる。

これらの結果、安全性判別は、前記ボンベを切り換えたと仮定した場合に酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあるか否かを判別し、警告部は、安全性判別部の判別結果が酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあると判別された場合にその旨を警告する。

【0008】

この場合において、前記選択された切り換え先のボンベについての情報を提示するボンベ情報提示部を備えるようにしてもよい。

また、前記ボンベ情報提示部は、切り換え先のボンベについての情報として、当該切り換え先のボンベの潜水用ガスの混合比および前記ボンベを切り換えたと仮定した場合の潜水状態情報を提示するようにしてもよい。

さらに、前記ボンベ情報提示部は、前記潜水状態情報として、無減圧潜水可能時間あるいは減圧潜水指示と、酸素分圧と、を提示するようにしてもよい。

【0009】

また、複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置の制御方法は、酸素分圧の算出及び監視を行う酸素分圧算出・監視過程と、操作者が前記潜水用ガスの混合比率の同一若しくは異なるボンベに切り替えるべく何れかのボンベを選択した場合に、当該選択したボンベが酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあると判定した場合には、前記選択したボンベへの切り替えを禁止させるべく処理を行う切換禁止過程と、を備えたことを特徴としている。

この場合において、前記酸素分圧算出・監視過程は、酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがあるかどうかを判断する酸素分圧違反判定過程と、酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがある場合にその旨を報知する報知過程と、を備えるようにしてもよい。

また、操作者が前記潜水用ガスの混合比率の同一若しくは異なるボンベに切り替えるべく選択し、選択したボンベの酸素分圧値が酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがないと判定さ

れた場合に当該選択したボンベへの切り替えを許可すべく処理を行うようにしてもよい。

【0010】

さらに、前記報知過程は、前記ボンベの切り替えの可否を表示、アラーム音、ELバックライト等により報知するようにしてもよい。

さらにまた、潜水経過時間を計測する計時過程と、水深値を検出する水深計測過程と、予め定められた潜水経過時間に対応して水深値を検出して、当該検出した水深値と潜水経過時間とを記憶する潜水情報記憶過程と、を備えるようにしてもよい。

ボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置の制御方法は、潜水中における各前記ボンベの切換条件を前記ボンベ毎に記憶する切換条件記憶過程と、切り換え先の前記ボンベを操作者に選択させるための切り換え先ボンベ選択過程と、前記ボンベを切り換えたと仮定した場合に酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあるか否かを判別する安全性判別過程と、前記安全性判別過程における判別結果が酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあると判別された場合にその旨を警告する警告過程と、を備えることを特徴としている。

【0011】

この場合において、前記選択された切り換え先のボンベについての情報を提示するボンベ情報提示過程を備えるようにしてもよい。

また、前記ボンベ情報提示過程は、切り換え先のボンベについての情報として、当該切り換え先のボンベの潜水用ガスの混合比および前記ボンベを切り換えたと仮定した場合の潜水状態情報を提示するようにしてもよい。

さらに、前記ボンベ情報提示過程は、前記潜水状態情報として、無減圧潜水可能時間あるいは減圧潜水指示と、酸素分圧と、を提示するようにしてもよい。

また、複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置をコンピュータにより制御するための制御プログラムは、酸素分圧の算出及び監視を行わせ、操作者が前記潜水用ガスの混合比率の同一若しくは異なるボンベに切り替えるべく何れかのボンベを選択した場合に、当該選択したボンベが酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあるか否かを判定させ、おそれがあると判定された場合には、前記選択したボンベへの切り替えを禁止させるべく処理を行わせる、ことを特徴としている。

【0012】

この場合において、前記酸素分圧に基づいて酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがあるか否かを判別させ、酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがある場合にその旨を報知させる、ようにしてもよい。

また、操作者が前記潜水用ガスの混合比率の同一若しくは異なるボンベに切り替えるべく選択し、選択したボンベの酸素分圧値が酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがないと判定された場合に当該選択したボンベへの切り替えを許可すべく処理を行わせるようにしてもよい。

さらに、前記ボンベの切り替えの可否を表示、アラーム音、ELバックライト等により報知させるようにしてもよい。

さらにまた、潜水経過時間を計測させ、水深値を検出させ、予め定められた潜水経過時間に対応して水深値を検出させて、当該検出させた水深値と潜水経過時間とを記憶させるようにしてもよい。

また、複数種類の潜水用ガスの混合比率が同一若しくは異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置をコンピュータにより制御するための制御プログラムは、潜水中における各前記ボンベの切換条件を前記ボンベ毎に記憶させ、切り換え先の前記ボンベを操作者に選択させ、前記ボンベを切り換えたと仮定した場合に酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあるか否かを判別させ、酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあると判別された場合にその旨を警告させる、ことを特徴としている。

【0013】

この場合において、前記選択された切り換え先のポンベについての情報を提示させるようにしてもよい。

また、切り換え先のポンベについての情報として、当該切り換え先のポンベの潜水用ガスの混合比および前記ポンベを切り換えたと仮定した場合の潜水状態情報を提示させるようにしてもよい。

さらに、前記潜水状態情報として、無減圧潜水可能時間あるいは減圧潜水指示と、酸素分圧と、を提示させるようにしてもよい。

また、上記各制御プログラムをコンピュータ読取可能な記録媒体に記録することも可能である。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、複数種類の潜水用ガスの混合比率が異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のポンベを用いて潜水を行うに際しても、酸素中毒あるいは酸素欠乏のおそれのあるポンベへの切り換えを防止し、あるいは、報知（警告）することができ、安全にダイビングを行うことが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

次に図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

[1] 全体構成

本実施形態は、いわゆるダイブコンピュータと呼ばれるダイバーズ用情報処理装置に浮沈管理機能を取り入れたものである。

まず、全体構成について説明する。

図1は、ダイブコンピュータの概要構成ブロック図である。

ダイブコンピュータ100は、大別すると電源PWと、MPU1と、表示部2と、計時部3と、圧力センサ4と、アナログ／デジタル変換器（以下、A/D変換器）5と、ROM6と、RAM7と、を備えている。

電源PWは、ダイブコンピュータ全体に電気エネルギーを供給する。

MPU1は、ROM6内に格納された制御プログラムに基づいて、ダイブコンピュータ全体を制御する。

表示部2は、液晶ディスプレイなどで構成され、MPU1の制御下で各種情報を表示する。

【0016】

計時部3は、潜水時間の計測を行うとともに、ダイブコンピュータにおける算出タイミング定めたり、休息時間、潜水時間の記憶と表示など必要な各種データを取得するための潜水経過時間を測定する。

圧力センサ4は、電源スイッチがオンになると作動し、周囲の圧力を検出して対応する電圧に変換して圧力検出信号として出力する。

A/D変換器5は、圧力センサ4の圧力検出信号をアナログ／デジタル変換して、圧力データとしてMPU1に出力する。

ROM6は、予め各種制御プログラムなどを記憶する不揮発性の読出専用メモリである。ROM6には無減圧潜水を計画するのに用いられる、身体区画、ハーフタイム、最大許容窒素分圧などのような演算に必要な各種データが予め記憶されている。

RAM7は、各種情報を一時的に記憶する揮発性のメモリである。例えば、ダイビングデータやMPU1の演算結果データを記憶する。

【0017】

図2は、ダイブコンピュータの詳細構成ブロック図である。

ダイブコンピュータは、大別すると、表示部2と、計時部3と、報知部8と、制御・演算部9と、水圧・水深計測部10と、スイッチ操作部11と、潜水動作監視スイッチ12と、水温計測部26と、を備えている。

表示部2は、各モードにおける情報を表示する液晶表示パネル16と、液晶表示パネル

16の表示駆動を行うための液晶ドライバ15と、を備えている。

計時部3は、基準クロック信号を出力する発振回路20と、基準クロック信号を分周する分周回路19と、分周回路19の分周クロック信号をカウントすることにより1秒単位での計時を行う時刻用カウンタ18と、を備えており、計時結果を制御・演算部9に出力する。

報知部8は、各種報知情報を音、光等を介してダイバーに報知するための報知装置13と、各種報知情報を振動によりダイバーに報知するための振動発生装置14と、を備えている。

制御・演算部9は、MPU1と、ROM6と、RAM7と、MPU1の制御下で各種制御を行う制御回路17と、を備えている。

【0018】

水圧・水深計測部10は、圧力センサ4と、圧力センサ4の出力信号を増幅する増幅回路21と、増幅回路21の出力信号のアナログ／デジタル変換を行って制御・演算部9に出力するA／D変換器5と、を備え、水圧および水深を計測する。

スイッチ操作部11は、操作子を備え、ダイバーが各種操作を行う。

潜水動作監視スイッチ12は、潜水状態に移行したか否かを検出すべく、当該ダイブコンピュータが水中にあるか否かを検出する。

水温計測部26は、水温計測センサ26Aと、水温計測センサ26Aの出力信号を増幅する増幅回路26Bと、増幅回路26Bの出力信号のアナログ／デジタル変換を行って制御・演算部9に出力するA／D変換器26Cと、を備え、水温を計測する。

【0019】

[2] 浮上速度監視機能

図3は、浮上速度監視機能実現のための機能ブロック図である。

ダイブコンピュータはダイビングモード中、ダイバーの浮上速度を監視するように構成され、この機能は、MPU1、ROM6、RAM7等の機能を利用して以下の構成として実現される。

ダイブコンピュータでは、図3に示すように、計時部3の計時結果および水深計測部10の計測結果に基づいて浮上時に浮上速度を計測する浮上速度計測部22と、浮上速度計測部22の計測結果と予め設定されている浮上速度基準データ23とを比較して現在の浮上速度が浮上速度基準データ23に対応する浮上基準速度より速い場合に浮上速度違反警告を行う浮上速度違反判定部24と、潜水履歴など各種の潜水に関するデータを記憶する潜水結果記憶部25と、水温計測センサ26Aを有し、水温を所定計測タイミング毎に計測する水温計測部26と、呼吸気中の酸素分圧を算出し、監視する酸素分圧算出・監視部27と、算出した酸素分圧が酸素中毒あるいは酸素欠乏のおそれがあるものであるか否かを判別する酸素分圧違反判定部28と、各種警告などを報知する報知部29と、各種警告を表示する警告表示部30と、を備えている。

【0020】

具体的には、本実施形態においては、浮上速度違反判定部24は、浮上速度基準データ23としてROM6に格納されている水深範囲毎の浮上基準速度と現在の浮上速度とを比較して、現在の浮上速度が現在水深における浮上基準速度より早い場合には、報知装置13からのアラーム音の発生、表示の点滅など、さらに振動発生装置14からダイバーへの振動の伝達等の方法で浮上速度違反の警告を行い、浮上速度が浮上基準速度以下となった時点で浮上速度違反の警告を停止する。

本実施形態では、浮上速度基準データ23として各水深範囲例として以下の値が設定されている。

水深範囲	浮上速度基準値
1. 8m未満	警告なし
1. 8m～5. 9m	8m／分（約0. 8m／6秒）
6. 0m～17. 9m	12m／分（約1. 2m／6秒）
18m以上	16m／分（約1. 6m／6秒）

【0021】

このように水深の深いところの方が、浮上速度基準値が大きくなるように設定しているのは、水深が深いところでは、同じ浮上速度で浮上しても単位時間あたりの浮上前後の水压比が小さいので、比較的大きな浮上速度を許容しても減圧症を十分に防止できるからである。これに対して、水深が浅いところでは、同じ浮上速度で浮上しても単位時間あたりの浮上前後の水压比が大きいため、比較的小さな浮上速度しか許容しないようになっているのである。

本実施形態では、浮上速度基準データ23として6秒あたりの浮上速度値がROM6に格納されているのは、水深の計測は1秒毎に行うにしても、ダイブコンピュータを装着した腕の動きが算出する浮上速度に影響を与えるのを防ぐためである。すなわち、浮上速度計測も同様の理由で、6秒ごとに行うので、今回の水深計測値と6秒前の前回の水深計測値との差分を算出し、この差分を浮上速度基準データ23に対応する浮上基準速度と比較する。

また、ダイブコンピュータの潜水結果記憶部25は、水深計測部10より計測した水深値が1.5m（潜水開始判定用水深値）より深く潜水した時点から水深値が再び1.5mより浅くなった時点までを1回の潜水動作としてこの間の潜水結果データ（潜水日時データ、潜水管理番号データ、潜水時間データ、最大潜水水深データ、最大潜水水深における水温データなど）をRAM7に記憶、保持しておく。この潜水結果記憶部25も図2に示したMPU1、ROM6、RAM7の機能として実現される。

【0022】

ここで、潜水結果記憶部25は、浮上速度違反判定部24が1回の潜水で連続して複数回の警告、例えば、連続して2回以上の警告を発した時に浮上速度違反があった旨を潜水結果として記憶するように構成されている。

この潜水結果記憶部25は、水深計測部10が計測した水深値が、1.5m（潜水開始判定用水新地）より深くなってから、再び1.5mより浅くなるまでの間、計時部3の計測結果に基づいて潜水時間の計測を行い、潜水時間が3分未満であれば、この間の潜水は1回の潜水として扱われず、その間の潜水結果については記録しない。これは、素潜りのような短時間のダイビングまで全て記憶しようとする、記憶容量の関係から重要なダイビング記録が更新されてしまう可能性があるからである。

このように実施形態のダイブコンピュータでは、水深が1.5m以下であって潜水時間が3分以上である場合に、新たな潜水が開始されたと判断しているので、潜水開始後に水深が1.5m未満になると、水深0mとして取り扱われる。この結果、水深が1.5mより僅かに深い場合に、腕を上げることなどによりダイブコンピュータのみが水深が1.5m未満になると浮上速度を守っているにも拘わらず、浮上速度違反警告が出される可能性が生じ得る。

そこで、本実施形態は、このような場合には、浮上速度違反警告を行わないようにして、浮上速度違反警告の信頼性を向上させている。

【0023】

〔3〕酸素分圧算出方法

酸素分圧 PO_2 は、現在的水圧を P_w 、大気圧を P_a 、呼吸気中の酸素混合比率を FO_2 とすると次式で表される。

$$PO_2 = (P_w + P_a) \times FO_2$$

例えば、現在水深が16mであるとする、と対応する現在の水圧 $P_w = 1.6 \text{ bar}$ となる。このときの大気圧 $P_a = 1 \text{ bar}$ とし、酸素混合比率 $FO_2 = 36\%$ であるとする、

$$\begin{aligned} PO_2 &= (1.6 + 1) \times 0.36 \\ &= 0.9 \text{ bar} \end{aligned}$$

となる。

ここで、本実施形態のダイブコンピュータにおいては、酸素中毒（酸素酔い）を防ぐという観点から酸素分圧最大許容値 $PO_{2\text{max}} = 1.6 \text{ bar}$ に設定している。

【0024】

従って、このシミュレーション結果に従ってダイビングを行うダイバーは、酸素分圧 P_{O_2} が酸素分圧最大許容値 $P_{O_2 \max}$ 以下であれば適正なダイビングであり、自分自身を酸素中毒（酸素酔い）から守ることができる。

また、本実施形態のダイブコンピュータにおいては、酸素欠乏を防ぐ観点から、酸素分圧最低許容値 $P_{O_2 \min} = 0.16 \text{ bar}$ に設定している。

以上の説明のように、本実施形態のダイブコンピュータにおいては、酸素分圧最大許容値 $P_{O_2 \max} = 1.6 \text{ bar}$ とし、酸素分圧最低許容値 $P_{O_2 \min} = 0.16 \text{ bar}$ としているが、より安全な潜水を行うべく、あるいは、ユーザであるダイバーに危険性を予め認識させるべく、例えば、酸素分圧最大許容値 $P_{O_2 \max} = 1.3 \sim 1.4 \text{ bar}$ で警告を行ったり、ガスボンベの切り換えを禁止したりするように制御プログラムによりソフトウェア的に安全側に設定できるようにしている。同様に酸素分圧最低許容値 $P_{O_2 \min}$ についても安全側に設定を変更することが可能である。

本実施形態では、ダイビング中に酸素中毒あるいは酸素欠乏の危険度を示す酸素分圧 P_{O_2} を酸素分圧算出・監視算出部 27 で算出し、酸素分圧 P_{O_2} が適正な範囲にあるかを酸素分圧違反判定部 28 で判別し、必要に応じて報知部を介して各種警告表示、アラーム音などで報知している。

また、算出した酸素分圧 P_{O_2} の値は、液晶表示パネル 16 に表示される。

【0025】**[4] ダイブコンピュータの不活性ガス算出時の機能構成**

図 4 は、ダイブコンピュータの体内不活性ガス量算出機能実現のための機能構成ブロック図である。

次に、図 4 のブロック図を参照しながら、ダイブコンピュータにおいて、ダイバーに蓄積される体内不活性ガス量を計算するための機能構成について説明する。この場合において、体内不活性ガスとしては、窒素およびヘリウムであり、窒素量（窒素分圧）及びヘリウム量（ヘリウム分圧）を算出している。

図 4 に示すように、ダイブコンピュータは、前述の計時部 3 および水圧・水深計測部 10 のほか、呼吸気不活性ガス分圧算出部 31、呼吸気不活性ガス分圧記憶部 32、比較部 33、半飽和時間選択部 34、体内不活性ガス分圧算出部 35、体内不活性ガス分圧記憶部 36、体内不活性ガス分圧排出時間導出部 37 および潜水可能時間導出部 38 を備えている。これらは、図 2 に示した各構成部分および MPU 1、ROM 6、RAM 7 によって実行されるソフトウェアによって実現可能である。ただし、これに限らず、ハードウェアである論理回路のみ、あるいは、論理回路と MPU を含む処理回路とソフトウェアとを組み合わせることで実現することも可能である。

【0026】

呼吸気不活性ガス分圧計測部 31 は、水圧・水深計測部 10 の計測結果である現在時刻 t における水圧 $P(t)$ に基づいて後述する呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ を算出する。

これにより呼吸気不活性ガス分圧記憶部 32 は、呼吸気不活性ガス分圧算出部 31 が算出した呼吸気の不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ を記憶する。

一方、半飽和時間選択部 34 は、体内不活性ガス分圧を算出する際に用いる半飽和時間 TH を体内不活性ガス分圧算出部 35 に出力する。体内不活性ガス分圧算出部 35 は、不活性ガスの吸収／排出の速度が異なる組織部位毎に後述する体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t)$ を算出する。体内不活性ガス分圧記憶部 36 は、体内不活性ガス分圧算出部 35 が算出した体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t)$ を記憶する。

これらの結果、比較部 33 は、呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ および体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t)$ を比較し、比較結果に基づいて半飽和時間 TH を可変する。

【0027】**[4] 体内不活性ガス分圧の計算方法**

次に体内不活性ガス分圧の具体的計算方法について説明する。本実施形態のダイブコン

ピュータ 1 において行われる体内不活性ガス分圧の計算方法については、例えばKEN LOYS T et al. 著の「DIVE COMPUTERS A CONSUMER'S GUIDE TO HISTORY, THEORY & PERFORMANCE」Watersport Publishing Inc. (1991)や、A. A. Buhlmann 著の「Decompression -Decompression Sickness」(特に第 14 頁)、Springer, Berlin (1984)に記載されている。なお、ここで示す体内不活性ガス分圧の計算方法はあくまで一例であり、この他にも各種の方法を用いることができる。

まず、水圧・水深計測部 10 は、時刻 t に対応する水圧 $P(t)$ を出力する。ここで、 $P(t)$ は、大気圧も含めた絶対圧を意味する。

呼吸気不活性ガス分圧計算部算出 31 は、水圧・水深計測部 10 から出力された水圧 $P(t)$ に基づいて、ダイバーが呼吸している空気中に対応する呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ を計算し、出力する。ここで、呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ は、水圧 $P(t)$ を用いた次式により算出される。

$$P_{IN2}(t) = (\text{不活性ガス混合比率}) \times P(t) [\text{bar}] \cdots (1)$$

【0028】

呼吸気不活性ガス分圧記憶部 32 は、呼吸気不活性ガス分圧算出部 31 によって (1) 式のように計算された呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ の値を記憶する。

体内不活性ガス分圧計算部 64 は、不活性ガスの吸収／排出の速度が異なる体内組織毎にそれぞれ体内不活性ガス分圧を計算することとなる。

例えばある一つの組織を例にとると、潜水時間 $t = t_0 \sim t_E$ までに吸収／排出する体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t_E)$ は、計算開始時 ($= t_0$ 時) の体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t_0)$ として、次式によって計算される。

$$\begin{aligned} P_{GT}(t_E) = & P_{GT}(t_0) \\ & + \{P_{IN2}(t_0) - P_{GT}(t_0)\} \\ & \times \{1 - \exp(-K(t_E - t_0)/HT)\} \cdots (2) \end{aligned}$$

【0029】

ここで、 K は実験的に求められる定数であり、 HT は各組織に不活性ガスが溶け込んで飽和状態の半分に達するまでの時間 (以下、半飽和時間と呼ぶ) であり、各組織によって異なる数値である。この半飽和時間 HT は、後述するように、 $P_{GT}(t_0)$ と $P_{IN2}(t_0)$ の大小に応じて可変となる。なお、時刻 t_0 や時刻 t_E などの時間の計測は、図 2 に示した計時部 68 によって管理されている。

体内不活性ガス量算出部 60 は、上記のような体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t)$ の計算を所定のサンプリング周期 t_E で繰り返し実行する。この際、式によってサンプリング周期毎に計算された体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t_E)$ は、体内不活性ガス排出時間導出部 37 と潜水可能時間導出部 38 に供給されるほか、比較部 33 と体内不活性ガス分圧排出時間導出部 37 に $P_{GT}(t_0)$ として供給される。これは、即ち、式における $P_{GT}(t_0)$ として前回サンプリング時の $P_{GT}(t_E)$ が用いられることを意味している。

さて、上記計算に先立ち、比較部 33 は、呼吸気不活性ガス分圧記憶部 32 に記憶されている呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t_0)$ と、体内不活性ガス分圧記憶部 36 から供給さえる $P_{GT}(t_0)$ とを比較し、その比較結果を半飽和時間選択部 74 に出力する。半飽和時間選択部 74 は、体内不活性ガス分圧算出部 35 が分圧計算に用いるべき半飽和時間 HT を 2 種類 (後述する半飽和時間 HT_1 及び HT_2) 記憶しており、比較部 34 による比較結果に応じて半飽和時間 HT_1 或いは HT_2 を選択し、体内不活性ガス分圧算出部 35 に出力する。

【0030】

体内不活性ガス分圧算出部 35 は、半飽和時間選択部 34 により選択された半飽和時間 HT_1 又は HT_2 を用いて、時刻 $t = t_E$ のときの体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t_E)$ を下式により計算する。

(A) $P_{GT}(t_0) > P_{IN2}(t_0)$ の場合

$$\begin{aligned} P_{GT}(t_E) = & P_{GT}(t_0) + \{P_{IN2}(t_0) - P_{GT}(t_0)\} \\ & \times \{1 - \exp(-K(t_E - t_0)/HT_1)\} \cdots (3) \end{aligned}$$

(B) $PGT(t_0) < PIN2(t_0)$ の場合

$$PGT(t_E) = PGT(t_0) + \{PIN2(t_0) - PGT(t_0)\} \times \{1 - \exp(-K(t_E - t_0)/HT2)\} \dots (3')$$

なお、上記(3)式及び(3')式では、 $HT2 < HT1$ となっている。なお、 $PGT(t_0) = PIN2(t_0)$ の場合には、半飽和時間 HT を次式のように定めるのが好ましい。

$$HT = (HT1 + HT2) / 2 \dots (4)$$

【0031】

ここで、 $PGT(t_0) > PIN2(t_0)$ の場合と、 $PGT(t_0) < PIN2(t_0)$ の場合とで、半飽和時間 HT が異なる理由について説明する。

まず、 $PGT(t_0) > PIN2(t_0)$ の場合は、体内から不活性ガスが排出される場合であり、逆に $PGT(t_0) < PIN2(t_0)$ の場合は、体内へ不活性ガスが吸収される場合である。すなわち、不活性ガスの排出は不活性ガスの吸収に比較して時間がかかるので、不活性ガスが排出される場合の半飽和時間 $HT1$ が不活性ガスを吸収する場合の半飽和時間 $HT2$ より長く設定するのである。このように排出時と吸収時とで異なる半飽和時間 HT を用いることにより、体内不活性ガス量のシミュレーションをより厳密に行うことができる。従って、この仮想体内不活性ガス算出部80によって求められた不活性ガス分圧に基づいて、後述するような無減圧潜水可能時間や体内不活性ガス排出時間を求める際にも、より正確な値を算出することが可能となる。体内不活性ガス量算出部60は、上記のような体内不活性ガス分圧 $PGT(t)$ の計算を行うことにより、ダイビングを行っているダイバーについて最新の体内不活性ガス分圧を把握することが可能となる。

【0032】

[5] 無減圧潜水可能時間及び体内不活性ガス排出時間の算出方法

上記のようにして求められた体内不活性ガス分圧 $PGT(t_E)$ と、呼吸気不活性ガス分圧計算部62によって算出される $t = t_E$ 時の呼吸気不活性ガス分圧 $PIN2(t_E)$ とに基づいて、無減圧潜水可能時間と体内不活性ガス排出時間とが、以下のようにして算出される。無減圧潜水可能時間は、式において計算される $PGT(t_E)$ が、各組織の許容過飽和不活性ガス量を示す P_{tol} となる場合の $(t_E - t_0)$ を求めることによって算出される。このとき、現時点が t_0 と考えるので、式における $PGT(t_0)$ として、体内不活性ガス量算出部60によって求められた体内不活性ガス分圧 $PGT(t_E)$ が用いられ、 $PIN2(t_0)$ として、呼吸気不活性ガス分圧計算部62によって算出される呼吸気不活性ガス分圧 $PIN2(t_E)$ が用いられる。即ち、

$$t_E - t_0 = -HT \times (\ln(1 - f)) / K \dots (5)$$

ただし、

$f = (P_{tol} - PGT(t_E)) / (PIN2(t_E) - PGT(t_E))$ である。この式によって、各組織における無減圧潜水可能時間が全て算出され、その中でもっとも小さい値が、求めるべき無減圧潜水可能時間となる。このようにして算出された無減圧潜水可能時間は、後述するようなダイビングモードにおいて表示されるようになっている。

【0033】

次に、水面浮上後において体内不活性ガスが排出されるまでの体内不活性ガス排出時間の算出方法について説明する。

体内不活性ガス排出時間を算出するには、前述した

$$PGT(t_E) = PGT(t_0) + \{PIN2(t_0) - PGT(t_0)\} \times \{1 - \exp(-K(t_E - t_0)/HT)\} \dots (6)$$

において、水面浮上時を t_0 として、

$$PGT(t_E) = 0$$

となる t_E を求めればよい。しかしながら、上記式のような指数関数では、 t_E が無限大にならないければ、 $PGT(t_E) = 0$ とならないため、便宜的に下式を用いて各組織ごとの体内不活性ガス排出時間 t_Z を算出している。

$$t_Z = -HT \times \ln(1 - f) / K \dots (7)$$

【0034】

ここで、

$$f = (P_{de} - P_{IN2}) / (0.79 - P_{IN2})$$

である。ここで、HTは前述した半飽和時間であり、P_{de}は各組織ごとの残留不活性ガス排出とみなす不活性ガス分圧（以下、許容不活性ガス分圧と呼ぶ）であり、これらは全て既知の値である。また、P_{IN2}は、水面浮上時の各組織内の不活性ガス分圧であり、体内不活性ガス量計算部60によって算出される値である。上記式によって各組織ごとにt_Zが算出され、その中でもっとも大きい値が体内不活性ガス排出時間となる。このようにして算出された体内不活性ガス排出時間は、後述するようなサーフェスモードにおいて表示されるようになっている。

【0035】

図5は、実施形態のダイバーズ用情報処理装置を用いる場合の潜水装備の使用態様図である。また図6は実施形態の潜水装備の概要構成説明図である。

潜水装備200は、大別すると、複数のポンベA～Dを有するボンベユニット201と、切換バルブ・レギュレータ202と、水深・残圧計203と、ダイブコンピュータ100と、を備えている。

ボンベユニット201を構成するポンベA～Dは、それぞれ2種または3種類の潜水用ガスを混合した混合ガスが充填され、その混合比率がそれぞれ異なっている。

図7は、潜水用ガスの混合比率の一例の説明図である。以下の説明においては、潜水用ガスとして、酸素O₂、窒素N₂およびヘリウムHeの3種類を用いる場合について説明する。

ポンベAは、酸素O₂の混合比率F_{O2} = 21%、窒素N₂の混合比率F_{N2} = 79%、ヘリウムHeの混合比率F_{He} = 0%となっており、いわゆる通常の空気と同じ混合比率となっている。この混合比率の混合ガスは、潜行時に深度30m程度まで用いることが可能となる。

【0036】

ポンベBは、酸素O₂の混合比率F_{O2} = 15%、窒素N₂の混合比率F_{N2} = 45%、ヘリウムHeの混合比率F_{He} = 40%となっており、潜行時および浮上時の水深30m以深の高深度領域で用いられる。この混合比率の混合ガスは、主として酸素中毒の防止を目的としている。

ポンベCは、酸素O₂の混合比率F_{O2} = 50%、窒素N₂の混合比率F_{N2} = 0%、ヘリウムHeの混合比率F_{He} = 50%となっており、浮上時における比較的高深度から深度10m程度の比較的低深度までの深度領域で用いられる。この混合比率の混合ガスは、主として窒素中毒の防止を目的としている。

ポンベDは、酸素O₂の混合比率F_{O2} = 70%、窒素N₂の混合比率F_{N2} = 10%、ヘリウムHeの混合比率F_{He} = 20%となっており、減圧潜水時に用いられる。すなわち、この混合比率の混合ガスは、主として減圧症の防止を目的としている。

【0037】

切換バルブ・レギュレータ2は、ポンベA～Dから供給される混合ガスを切り換えるとともに、混合ガスの圧力を所定の圧力にするファーストステージ202Aと、ファーストステージ202Aにレギュレータホース202Bを介して接続されたセカンドステージ202Cと、を備えている。

水深・残圧計203は、潜水中の水深および各ポンベA～Dのうち現在使用されているポンベの残圧（残量）を計測し、表示を行う。

図8は、ダイブコンピュータ100の外観正面図である。

本実施形態のダイブコンピュータ100は、以下のような機能を有している。

- (1) 潜水中のダイバーの深度や潜水時間を計算して表示する。
- (2) 潜水中に体内に蓄積される不活性ガス量を計測し、この計測結果から潜水後に水からあがった状態で体内に蓄積された窒素が排出されるまでの時間などを表示する。
- (3) あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターン

に基づいて、切換バルブ・レギュレータ 2 の切り換え指示および減圧症などを引き起こさないための現在以降の潜水パターンの指示を行う。

【0038】

次にダイブコンピュータ 100 の構成を説明する。

ダイブコンピュータ 100 は、図 5 または図 6 に示すように、略楕円状の装置本体 100 A に対して、図面上下方向に腕バンド 100 B がそれぞれ連結され、この腕バンド 100 B によって腕時計と同様にユーザの腕に装着されて使用されるようになっている。

装置本体 100 A は、上ケースと下ケースとが完全水密状態でビス止めなどの方法で固定され、図示しない各種電子部品が内蔵されている。装置本体 100 A の図面正面側には、液晶表示パネル 16 を有する表示部 10 (図 4 参照) が設けられている。

さらに装置本体 100 A の図面下側にはダイブコンピュータ 100 における各種動作モードの選択／切替を行うための操作部 5 が形成され、操作部 5 は、プッシュボタン形式の二つのスイッチ 105 A、105 B を有している。装置本体 100 A の図面左側には潜水を開始したか否かを判別するために用いられる導通センサを用いた潜水動作監視スイッチ 30 が構成されている。この潜水動作監視スイッチ 30 は、装置本体 100 A の図面正面側に設けられた電極 30 A、30 B を有し、電極 30 A、30 B 間が海水などにより導通状態となることにより、電極 30 A、30 B 間の抵抗値が小さくなった場合に入水したと判断するものである。しかしながら、この潜水動作監視スイッチ 30 は、あくまで入水したことを検出してダイブコンピュータ 10 の動作モードをダイビングモードに移行させるために用いるだけであり、実際に潜水 (ダイビング) を開始した旨を検出するために用いられる訳ではない。すなわち、ダイブコンピュータ 100 を装着したユーザの腕が海水に浸かっただけの場合もあり、このような状態で潜水を開始したの判断するのは好ましくないからである。

【0039】

次に表示部の構成について図 8 を参照して詳細に説明する。

表示部 2 を構成する液晶表示パネル 16 の表示面は、7 つの表示領域を有している。なお、本実施形態では、液晶表示パネル 16 の表示面が長方形の例を示したが、長方形に限定されるものではなく、円形状、楕円形状、トラック形状、長方形以外の多角形状など他の形状であってもかまわない。

液晶表示パネル 16 の表示面のうち、図面上部左側に位置する第 1 の表示領域 111 は、各表示領域のうちで最も大きく構成され、後述するダイビングモード、サーフェスモード (時刻表示モード)、プランニングモード、ログモードにおいて、それぞれ、現在水深、現在月日、水深ランク、潜水月日 (ログ番号) が表示される。

第 2 の表示領域 112 は、第 1 の表示領域 111 の図面右側に位置し、ダイビングモード、サーフェスモード (時刻表示モード)、プランニングモード、ログモードにおいて、それぞれ潜水時間および酸素飽和度、現在時刻、無減圧潜水可能時間、潜水開始時刻 (潜水時間) が表示される。

第 3 の表示領域 113 は、第 1 の表示領域 111 の図面下側に位置し、ダイビングモード、サーフェスモード (時刻表示モード)、プランニングモード、ログモードにおいて、それぞれ、最大水深、体内窒素排出時間、セーフティレベル、最大水深 (平均水深) が表示される。

【0040】

第 4 の表示領域 114 は、第 3 の表示領域 113 の図面右側に位置し、ダイビングモード、サーフェスモード (時刻表示モード)、プランニングモード、ログモードにおいて、それぞれ無減圧潜水可能時間、水面休止時間、温度、潜水終了時刻 (最大水深時水温) が表示される。

第 5 の表示領域 115 は、第 3 の表示領域 113 の図面下側に位置し、電源容量切れを表示する電源容量切れ警告表示部 115 A やユーザの現在の高度の属する高度ランクを表示する高度ランク表示部 115 B が設けられている。

第 6 の表示領域 116 は、図面下部左側に位置し、体内窒素量 (体内不活性ガス量) お

よび体内酸素量がそれぞれバーグラフ（最大 9 個点灯）で表示される。

第 7 の表示領域 117 は、第 6 の表示領域 116 の図面右側に位置し、ダイビングモードで減圧潜水状態になった場合に、窒素ガス（不活性ガス）が吸収傾向にあるのか、排出傾向にあるかを示す領域（図中、上下方向矢印が図示されている）と、浮上速度が高すぎる場合に浮上速度違反警告のひとつとして減速を指示するための「SLOW」を表示する領域と、潜水中に減圧潜水を行わなければならない旨を警告するための「DECO」を表示する領域と、を備えて構成されている。

【0041】

〔6〕動作

次に、上記構成からなるダイブコンピュータ 1 の動作について説明する。図 9 は、ダイブコンピュータの各種動作モードにおける表示画面の遷移を模式的に表す図である。

図 9 に示すように、ダイブコンピュータ 1 の動作モードには、時刻モード ST1、サーフェスモード ST2、プランニングモード ST3、設定モード ST4、ダイビングモード ST5、ログモード ST6、ボンベ切換条件設定モード ST7 がある。

以下、各種動作モードについて説明する。なお、これらの各種動作モードにおける処理は、前述したように制御・演算部 9 によって実行される。

【0042】

〔6.1〕時刻モード

時刻モード ST1 は、スイッチ操作を行わず、かつ、体内窒素分圧が平衡状態にあり、陸上で携帯するときの動作モードである。この時刻モードにおいて、液晶表示パネル 11 には、図 9（符号 ST1 参照）に示すように、現在月日、現在時刻及び高度ランクが表示される。なお、高度ランク＝0 の場合には高度ランク表示はおこなわれない。具体的には、図 9 においては、現在月日が 12 月 5 日であり、現在時刻が 10 時 06 分であることを意味しており、特に現在時刻は、コロン（:）が点滅することによって、現在の時刻を表示していることをユーザに知らせている。

この時刻モード ST1 においてスイッチ 105A を押すと、図 9 に示すようにプランニングモード ST3 に移行する。また、スイッチ 105B を押すとログモード ST6 に移行する。さらにスイッチ 105A を押したままスイッチ 105B を所定時間（例えば、5 秒）押し続けると設定モード ST4 に移行することとなる。

【0043】

〔6.2〕サーフェスモード

サーフェスモード ST2 は、前回のダイビングから 48 時間経過するまで陸上で携帯するときのモードであり、ダイブコンピュータ 1 は、前回のダイビングの終了後、ダイビング中に導通状態にあった潜水動作監視スイッチ 30 が絶縁状態になると自動的にサーフェスモード ST2 に移行するようになっている。このサーフェスモード ST2 においては、時刻モード ST1 で表示される現在月日、現在時刻および高度ランクの他に、体内窒素排出時間がカウントダウン表示される。ただし、体内窒素排出時間として表示すべき時間が 0 時間 00 分に至ると、それ以降は無表示状態となる。また、サーフェスモード ST2 においては、ダイビング終了後の経過時間が水面休止時間として表示される。この水面休止時間 202 は、後述するダイビングモードにおいて、水深が 1.5 メートルよりも浅くなった次点をダイビングの終了として計時が開始され、ダイビング終了から 48 時間が経過した時点で無表示状態となる。従って、ダイブコンピュータ 1 において、ダイビング終了後 48 時間が経過するまでは陸上において、このサーフェスモード ST2 となり、それ以降は、時刻モード ST1 に移行することとなる。

【0044】

具体的には、図 9 に示すサーフェスモード ST2 においては、水面休止時間が 1 時間 13 分、即ち、ダイビング終了後 1 時間 13 分経過していることが表示されている。また、これまでにを行ったダイビングにより体内に吸収された窒素量が体内窒素グラフのマーク 4 個分に相当することが表示され、この状態から体内の過剰な窒素が排出されて平衡状態になるまでの時間、即ち体内窒素排出時間が 10 時間 55 分であることを表示している。

このサーフェスモード S T 2 においてスイッチ 1 0 5 A を押すと、図 9 に示すように、プランニングモード S T 3 に移行する。また、スイッチ 1 0 5 B を押すとログモード S T 6 に移行する。さらにスイッチ 1 0 5 A を押したままスイッチ 1 0 5 B を所定時間（例えば、5 秒）押し続けると設定モード S T 4 に移行することとなる。

【0045】

[6. 3] プランニングモード

プランニングモード S T 3 は、次に行うダイビングの最大水深と潜水時間の目安を、そのダイビング前に入力することが可能な動作モードである。このプランニングモード S T 3 においては、水深ランク、無減圧潜水可能時間、水面休止時間、体内窒素グラフが表示される。水深ランクのランクは、所定時間毎に順次、表示が変わっていくようになっている。各水深ランク 3 0 1 は、例えば、9 m、12 m、15 m、18 m、21 m、24 m、27 m、30 m、33 m、36 m、39 m、42 m、45 m、48 m の各ランクがあり、その表示は 5 秒毎に切り替わるようにされている。この場合において、時刻モード S T 1 からプランニングモード S T 3 に移行したのであれば、過去の潜水によって体内に過剰な窒素蓄積がない場合、すなわち、初回潜水のプランニングであるため、体内窒素グラフ 3 の表示マークは 0 個であり、具体的には、図 9（符号 S T 4 参照）に示すように水深が 15 m の場合に無減圧潜水可能時間 = 66 分と表示される。これは、水深 12 m 以上 15 m 以下の水深で 66 分未満までは無減圧潜水が可能であることを表している。

【0046】

これに対して、サーフェスモード S T 2 からプランニングモード S T 3 に移行したのであれば、図 9 に示すように、過去の潜水によって体内に過剰の窒素蓄積がある反復潜水のプランニングであるため、体内窒素グラフ 2 0 3 においてマークが 4 個表示され、例えば水深が 15 m の場合に無減圧潜水可能時間 = 45 分と表示される。これは、水深 12 m 以上 15 m 以下の水深で 45 分未満までは無減圧潜水が可能であることを表している。このプランニングモード S T 3 において、水深ランク 3 0 1 が 9 m から 48 m へと順次表示されていく間に、スイッチ 1 0 5 A を 2 秒以上押し続けると、図 9 に示すように、サーフェスモード S T 2 に移行する。また、水深ランク 3 0 1 が 48 m と表示された後には、時刻モード S T 1 またはサーフェスモード S T 2 に自動的に移行する。このように所定の期間スイッチ操作がない場合には、サーフェスモード S T 2 または時刻モード S T 1 に自動的に移行するので、その都度スイッチ操作を行う必要がなく、ダイバーにとって便利である。また、スイッチ 1 0 5 B を押すとログモード S T 6 に移行する。

【0047】

[6. 4] 設定モード

設定モード S T 4 は、現在月日や現在時刻の設定の他に、警告アラームのオン／オフ設定、セーフティレベルの設定を行うための動作モードである。この設定モード S T 4 では、現在月日、現在年、現在時刻の他にも、セーフティレベル（図示せず）、アラームのオン／オフ（図示せず）、高度ランク（図示せず）が表示される。これらの表示項目のうち、セーフティレベルは、通常の減圧計算を行うレベルと、ダイビング後に 1 ランク高い高度ランクの場所へ移動することを前提として減圧計算を行うレベルの二つのレベルを選択することが可能である。なお、過去の潜水によって体内に過剰の窒素蓄積がある場合には、体内窒素グラフも表示される。アラームのオン／オフは、報知装置 1 3 から各種警告のアラームを鳴らすか否かを設定するための機能であり、アラームをオフに設定しておけば、アラームが鳴ることはない。これは、ダイバーズ用情報処理装置のように電池切れを極力さける必要がある装置では、アラームのために電力が消費されて不用意に電池切れに至ることを避けることができ、好都合だからである。なお、アラームをオンにする場合としては、浮上速度違反時や減圧潜水時等がある。

【0048】

この設定モード S T 4 では、スイッチ 1 0 5 A を押す度に設定項目が時、秒、分、年、月、日、セーフティレベル、アラームオン／オフの順に切り替わり、設定対象部分の表示が点滅することとなる。このとき、スイッチ 1 0 5 B を押すと設定項目の数値または文字

が変わり、押し続けると設定項目の数値や文字が素早く変わる。また、アラームのオン／オフが点滅している状態でスイッチ105Aを押すとサーフェスモードST2または時刻モードST1に戻ることもなる。また、アラームのオン／オフが点滅している状態でスイッチ105AとBとを同時に押すとボンベ切替条件設定モードST7に移行する。さらにスイッチ105A、105Bのいずれについても予め定めた期間（例えば、1～2分）操作されなければ、サーフェスモードST2または時刻モードST1に自動的に復帰することとなる。

【0049】

〔6.5〕ダイビングモード

ダイビングモードST5とは、潜水時の動作モードであり、無減圧潜水モードST51、現在時刻表示モードST52、減圧潜水表示モードST53、ボンベ切替管理モードST54からなる。

無減圧潜水モードST51では、現在水深、潜水時間、最大水深、無減圧潜水可能時間、体内不活性ガスグラフ、高度ランクなどダイビングに必要な情報が表示される。

【0050】

上述の例の場合、図9に示す無減圧潜水モードST51においては、ダイビングを開始してから12分が経過し、現在、ダイバーは水深15.0mの深さの場所に位置し、この水深では、あと42分間だけ無減圧潜水を続けることができる旨が表示されている。また、現在までの最大水深は、20.0mである旨が表示され、さらに現在の体内不活性ガス量は体内不活性ガスグラフ203におけるマーク4個が点灯しているレベルである旨が表示されている。

【0051】

このダイビングモードST5においては、急激な浮上が減圧症の原因となることから、浮上速度監視手段が働く。すなわち、所定時間毎（例えば、6秒毎）に現在の浮上速度を算出するとともに、算出した浮上速度と現在水深に対応する浮上速度上限値とを比較し、算出した浮上速度が浮上速度上限値よりも速い場合には、報知装置13から4[kHz]の周波数でアラーム音（浮上速度違反警告アラーム）を3秒間発するとともに、浮上速度を落とすように液晶表示パネル16において、「SLOW」の表示と、現在水深の表示とを所定周期（例えば、1秒周期）で交互に表示して浮上速度違反警告を行う。さらに振動発生装置38から浮上速度違反である旨を振動でダイバーに警告する。そして浮上速度が正常なレベルにまで低下したときには、浮上速度違反警告を停止することとなる。

【0052】

また、ダイビングモードST5では、スイッチ105Aを押すと、スイッチ105Aが押し続けられている間だけ、現在時刻表示モードST52に移行し、現在時刻と、現在水温が表示される。具体的には、図9に示す現在時刻表示モードST52においては、現在時刻が10時18分であり、現在水温が23[℃]であることが表示されている。このように、ダイビングモードST5においてその旨のスイッチ操作があったときには所定の期間だけ現在時刻や現在水温の表示を行うため、小さな表示画面内で通常はダイビングに必要なデータだけを表示するように構成したとしても、現在時刻などを必要に応じて表示できるので便利である。しかも、このようにダイビングモードST5においても、表示の切り替えにスイッチ操作を用いたので、ダイバーが知りたい情報を適正なタイミングで表示することが可能となっている。

【0053】

また、ダイビングモードST5の状態、水深が1.5mより浅いところにまで浮上したときには、ダイビングが終了したものとみなされ、潜水により導通状態となって潜水動作監視スイッチ30が絶縁状態になった時点でサーフェスモードST2に自動的に移行する。なお、水深が1.5m以上となったときから再び水深が1.5m未満となった時までを1回の潜水動作として、この期間中の潜水結果（ダイビングの日付、潜水時間、最大水深などの様々なデータ）がRAM54に記憶される。併せて、今回のダイビング中に上述した浮上速度違反警告が連続して2回以上あった場合には、その旨も潜水結果に含めて記

録される。

【0054】

本実施形態のダイブコンピュータは、無減圧潜水を前提に構成されているものであるが、減圧潜水を行う必要が生じた場合には、その旨のアラームをオンしダイバーに告知し、動作モードを減圧潜水表示モードST53に移行する。

減圧潜水表示モードST53においては、現在水深、潜水時間、体内不活性ガスグラフ、高度ランク、減圧停止深度、減圧停止時間、総浮上時間を表示する。具体的には、図9に示す減圧潜水表示モードST53においては、潜水開始から24分経過し、水深が29.5mのところにいる旨が表示されている。また、体内不活性ガス量が最大許容値を超え危険であるため、安全な浮上速度を守りながら水深3mのところまで浮上し、そこで1分間の減圧停止をするようにとの指示が表示されている。ダイバーは、上記のような表示内容に基づいて減圧停止した後、浮上することとなるが、この減圧を行っている間、体内不活性ガス量が減少傾向にある旨が下向きの矢印により表示される。

【0055】

ボンベ切替管理モードST54には、無減圧潜水モードST51において、スイッチ105Bを押すことにより移行する。

このボンベ切替管理モードST54は、現在の潜水状態（使用しているボンベの混合ガス比率も含む）から混合ガス比率が異なる新たなボンベに切り換えた場合に、安全性が確保できるか否か、換言すれば、新たなボンベに切り換えた場合に安全性が確保できないと判断された場合には切り換えを行わないようダイバーに知らせるためのモードである。

図10は、ボンベ切替管理モードの表示画面の一例（切替可能時）の説明図である。

図10（A）に示すように、初期状態においては、現在の潜水状態および現在使用中のボンベのガス混合比率が表示される。

具体的には、水深＝21m、潜水時間＝20分、（無減圧）潜水可能時間＝20分、酸素分圧＝0.6、現在使用しているボンベにおけるガス混合比率（酸素21%、ヘリウム50%、窒素29%）が表示されている。

【0056】

この状態において、スイッチ105Bを所望の切り換え先のボンベの情報が表示されるまで繰り返し押すことにより、切替先のボンベにおける潜水可能時間、酸素分圧およびガス混合比率が表示される。

具体的には図10（B）に示すように、水深＝21m、潜水時間＝20分、（無減圧）潜水可能時間＝21分、酸素分圧＝0.9、切り換え先のボンベにおけるガス混合比率（酸素21%、ヘリウム50%、窒素29%）が表示されることとなる。

ダイバーはこの状態において、内容を確認し、問題がなければ、スイッチ105Aを押すことにより、ダイブコンピュータ4は、当該切り換え先のボンベ使用による安全性を確認し、問題がないと判断し、ボンベ切替管理モードST54を終了して表示を減圧潜水モードST51に移行する。

ダイブコンピュータ4は、切り換え後のボンベに対応する情報に基づいて演算を行うこととなる。

Bを押すことにより移行する。

【0057】

図11は、ボンベ切替管理モードの表示画面の一例（切替不可能時）の説明図である。

図11（A）に示すように、初期状態においては、現在の潜水状態および現在使用中のボンベのガス混合比率が表示される。

具体的には、水深＝10m、潜水時間＝35分、減圧潜水指示＝3mで15分待機、酸素分圧＝0.6、現在使用しているボンベにおけるガス混合比率（酸素32%、ヘリウム0%、窒素68%）が表示されている。

この状態において、スイッチ105Bを所望の切り換え先のボンベの情報が表示されるまで繰り返し押すことにより、切り換え先のボンベにおける潜水可能時間、酸素分圧およびガス混合比率が表示される。

具体的には図 11 (B) に示すように、水深 = 10 m、潜水時間 = 35 分、減圧潜水指示 = 3 m で 2 分待機、酸素分圧 = 1.9、切り換え先のボンベにおけるガス混合比率（酸素 21%、ヘリウム 50%、窒素 29%）が表示されることとなる。

【0058】

ダイバーはこの状態において、内容を確認し、問題がないと判断すれば、スイッチ 105 A を押すことになるが、この場合には、ダイブコンピュータ 4 は、当該切り換え先のボンベ使用による安全性を確認し、酸素分圧が高いことにより、酸素中毒になる恐れがあると判断し、当該スイッチ 105 A の操作を無効とする。さらに報音装置 37 によるアラーム音の発生、振動発生装置 38 によるアラーム振動の発生あるいは液晶表示パネルにその旨の警告を表示する。

さらにダイブコンピュータ 4 は、図 11 (C) に示すように、再び、現在の潜水状態および現在使用中のボンベのガス混合比率が表示することとなる。

以上の説明は、酸素中毒の恐れがある場合のものであったが、酸素混合比率が低い場合には、酸素欠乏に陥る可能性があるので、このような場合にも、ダイブコンピュータ 4 は、報音装置 37 によるアラーム音の発生、振動発生装置 38 によるアラーム振動の発生あるいは液晶表示パネルにその旨の警告を表示し、ボンベ切り換えを行わないようにしている。

【0059】

[6.6] ログモード

ログモード ST 6 は、ダイビングモード ST 5 に入った状態で水深 1.5 m よりも深くに 3 分以上潜水したときの各種データを記憶、表示する機能である。このようなダイビングのデータは、ログデータとして潜水毎に順次記憶され、所定数（例えば、10 回）の潜水のログデータを記憶保持する。ここで、最大記憶数以上の潜水を行った場合には、古いデータから順に削除され常に最新のログデータが記憶されていることとなる。なお、最大記憶数以上の潜水を行った場合でも、予め設定しておくことにより、ログデータの一部を削除せずに保持するように構成することも可能である。

【0060】

このログモード ST 6 へは、時刻モード ST 1 あるいはサーフェスモード ST 2 において、スイッチ 105 B を押すことにより移行することが可能となっている。ログモード ST 6 においては、ログデータは所定時間（例えば、4 秒）毎に切り替わる二つのモード画面を有している。図 9 に示すように、第 1 のログモード ST 6 1 では、潜水月日、平均水深、潜水開始時刻、潜水終了時刻、高度ランク、潜水を終了した時点における体内不活性ガスグラフが表示される。第 2 のログモード ST 6 2 では、潜水を行った日における何回目の潜水であるかを示すログナンバー、最大水深、潜水時間、最大水深時の水温、高度ランク、潜水を終了したときの体内不活性ガスグラフが表示される。具体的には、図 9（符号 ST 6 参照）に示すように、高度ランク = 0 の状態において、12 月 5 日の 2 回目のダイビングでは、潜水が 10 時 07 分に開始され、10 時 45 分で終了し、38 分間の潜水であった旨が表示されている。このときのダイビングでは、平均水深が 14.6 m、最大水深が 26.0 m、最大水深時の水温 = 23 [°C] であり、ダイビング終了後、体内不活性ガスグラフのマークが 4 個点灯に相当する不活性ガスガスが体内に吸収されていた旨を表している。

【0061】

このように本実施形態のログモード ST 6 においては、2 つのモード画面を自動的に切り替えながら各種情報を表示するので、表示画面が小さくても実質的に表示可能な情報量を多くする事ができ、視認性が低下することがない。

さらにログモード ST 6 においては、スイッチ 105 B を押す度に新しいデータから古いデータに順次表示が切り替わり、最も古いログデータが表示された後は、時刻モード ST 1 またはサーフェスモード ST 2 に移行する。全ログデータのうち一部のログデータを表示し終わった状態においても、スイッチ 105 B を 2 秒以上押し続けることにより時刻モード ST 1 またはサーフェスモード ST 2 に移行することができる。さらにスイッチ 1

05A、105Bのいずれもが所定時間（1～2分）操作されない場合であっても、動作モードがサーフェスモードST2または時刻モードST1に自動的に復帰する。従ってダイバーがスイッチ操作を行う必要がなく使い勝手が向上している。また、スイッチ105Aを押すとプランニングモードST3に移行する。

【0062】

[6.7] ボンベ切換条件設定モード

ボンベ切換条件設定モードST7では、ボンベ切り替えタイミングの各種設定が行える。

高深度潜水を行う場合や長時間潜水を行う場合、安全な潜水を行うためにも複数のボンベA～Dのうち、いずれのボンベをいずれのタイミング使用するかを予めダイブコンピュータ4に記憶させておく必要がある。このため、ダイブコンピュータ4のユーザは、このボンベ切換条件設定モードST7においてボンベ切り換えの要因となる項目を選択し、当該項目における切換条件をダイブコンピュータ4に入力することとなる。

図12は、切換条件設定テーブルの一例の説明図である。

図12に示すように、ボンベ切り換えの要因となる項目としては、以下の5種類の項目が挙げられる。

- (1) 潜水時間
- (2) 体内酸素量
- (3) 体内不活性ガス量
- (4) 潜水可能時間
- (5) 水深

【0063】

この場合において、本実施形態においては、項目「潜水時間」に対応する切換条件としては、設定コード1～10に相当する10種類の切換条件が設定可能となっている。具体的には、潜水時間0～10分（設定コード1）、潜水時間11～20分（設定コード2）、……、潜水時間91分～100分（設定コード10）の10種類となっている。

また、項目「体内酸素量」に対応する切換条件としては、設定コード11～14に相当する4種類の切換条件が設定可能となっている。具体的には、体内酸素量を表示するバーグラフが1個または2個点灯（設定コード11）、3個または4個点灯（設定コード12）、……、7個または8個点灯（設定コード14）の4種類となっている。

また、項目「体内不活性ガス量」に対応する切換条件としては、設定コード16～20に相当する5種類の切換条件が設定可能となっている。具体的には、体内不活性ガス量を表示するバーグラフが1個または2個点灯（設定コード16）、3個または4個点灯（設定コード17）、……、7個または8個点灯（設定コード19）、9個点灯（設定コード20）の5種類となっている。

【0064】

また、項目「潜水可能時間」に対応する切換条件としては、設定コード21～24に相当する4種類の切換条件が設定可能となっている。具体的には、潜水可能時間200～151分（設定コード21）、潜水時間150～101分（設定コード22）、……、潜水時間50分～0分（設定コード24）の4種類となっている。

また、項目「水深」に対応する切換条件としては、設定コード25～33に相当する9種類の切換条件が設定可能となっている。具体的には、水深10m～20m（設定コード25）、水深20～30m（設定コード26）、……、水深80～90m（設定コード32）、水深90～100m（設定コード33）の9種類となっている。

【0065】

図13は、切換タイミングの設定例の説明図である。

次に切り換えたタイミングの具体的な設定について説明する。

図13に示すように、ボンベAは、潜水開始時に使用するボンベ（初期使用ボンベ）として用いられる。

図14はボンベAについての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「潜水時間」

に対応するものである。

初期状態においては、条件表示領域に「初期使用」と表示される。従って、スイッチ 1 0 5 A およびスイッチ 1 0 5 B を同時に押してボンベ A を初期使用ボンベとして使用する旨を確定することとなる。

これにより、液晶表示パネル 1 6 には、順次ボンベ B、ボンベ C、ボンベ D の切換タイミング設定画面が表示されることとなるが、いずれも同様であるので、ボンベ C を例として具体的に説明する。

【0 0 6 6】

ボンベ C は、図 1 3 に示したように、設定コード = 3 の条件を満たし、かつ、設定コード = 1 2 の条件を満たし、かつ、設定コード = 2 0 の条件を満たし、かつ、設定コード = 2 9 の条件を満たした場合に切り換えるものとする。すなわち、潜水時間 = 2 1 ~ 3 0 分、かつ、体内酸素量を表示するバーグラフが 3 個または 4 個点灯、かつ、体内不活性ガス量を表示するバーグラフが 9 個点灯、かつ、水深 5 0 ~ 6 0 m の時に切り換えられるものである。

図 1 5 は、ボンベ C についての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「潜水時間」に対応するものである。

初期状態においては、条件表示領域に「初期使用」と表示されるが、スイッチ 1 0 5 B を 3 回（あるいはスイッチ 1 0 5 A を 8 回）押すことにより条件表示領域には「2 1 分 ~ 3 0 分」と表示される。この状態で、スイッチ 1 0 5 A およびスイッチ 1 0 5 B を同時に押すことにより、ボンベ C の項目「潜水時間」における切換条件として潜水時間 = 2 1 ~ 3 0 分が設定される。

【0 0 6 7】

図 1 6 は、ボンベ C についての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「体内酸素量」に対応するものである。

初期状態においては、条件表示領域に「1 - 2 個点灯」と表示されるが、スイッチ 1 0 5 B を 1 回（あるいはスイッチ 1 0 5 A を 4 回）押すことにより条件表示領域には「3 - 4 個点灯」と表示される。この状態で、スイッチ 1 0 5 A およびスイッチ 1 0 5 B を同時に押すことにより、ボンベ C の項目「体内酸素量」における切換条件として体内酸素量を表示するバーグラフが 3 個または 4 個点灯の状態が設定される。

図 1 7 は、ボンベ C についての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「体内不活性ガス量」に対応するものである。

初期状態においては、条件表示領域に「1 - 2 個点灯」と表示されるが、スイッチ 1 0 5 A を 1 回（あるいはスイッチ 1 0 5 B を 4 回）押すことにより条件表示領域には「9 個点灯」と表示される。この状態で、スイッチ 1 0 5 A およびスイッチ 1 0 5 B を同時に押すことにより、ボンベ C の項目「体内不活性ガス量」における切換条件として体内不活性ガス量を表示するバーグラフが 9 個点灯の状態が設定される。

【0 0 6 8】

図 1 8 は、ボンベ C についての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「水深」に対応するものである。

初期状態においては、条件表示領域に「1 0 - 2 0 m」と表示されるが、スイッチ 1 0 5 A を 4 回（あるいはスイッチ 1 0 5 B を 4 回）押すことにより条件表示領域には「5 0 - 6 0 m」と表示される。この状態で、スイッチ 1 0 5 A およびスイッチ 1 0 5 B を同時に押すことにより、ボンベ C の項目「水深」における切換条件として水深 5 0 - 6 0 m が設定される。

以上の説明のように本ボンベ切換条件設定モード S T 7 においては、簡単な操作で確実に設定が行える。

【0 0 6 9】

次に実際のダイビングを行う場合について説明する。

ダイビング時には、先に行ったシミュレーションと全く同一の水深で潜行するわけではないので、ダイブコンピュータ 4 は、シミュレーション結果に基づいてボンベを切り換え

るタイミングとなっても、そのまま報知する訳ではない。

すなわち、次に切り換えるボンベの潜水用ガスの混合比率で潜行した時に安全か否かを判別するために、ボンベ切り換え後の混合比率で酸素分圧、無減圧可能時間、減圧状態では減圧停止時間や減圧停止深度が実際にはどのようなになるかを算出して液晶表示パネル 16 に表示する。

そして液晶表示パネル 16 に表示された情報に基づいてユーザが適宜ボンベの混合比を選び切り換えを行うこととなる。

【0070】

次にダイビング時のダイブコンピュータの具体的処理を説明する。

図 19 は、ダイビング時のダイブコンピュータの処理フローチャートである。

まず、ダイブコンピュータ 4 の CPU 51 は、自己のタイマに基づいてダイビング開始時間からの経過時間を測定する（ステップ S 31）。

続いて水深計測を行う（ステップ S 32）。

これにより CPU 51 は、現在使用すべき、潜水用ガスの混合比率を算出する（ステップ S 33）。

つぎに CPU 51 は、酸素分圧 F O₂ の算出を行う（ステップ S 34）。

続いて CPU 51 は、体内不活性ガス量を算出し（ステップ S 35）、体内酸素量を算出する（ステップ S 36）。

【0071】

続いて CPU 51 は、現在までの潜水パターンに基づいて減圧潜水状態か否かを判別する（ステップ S 37）。

ステップ S 37 の判別において、CPU 51 は現在の潜水パターンが減圧潜水状態である場合には（ステップ S 37 ; Y e s）、減圧停止深度、減圧停止時間および総浮上時間の算出を行い（ステップ S 39）、処理をステップ S 40 に移行する。

ステップ S 37 の判別において、CPU 51 は現在の潜水パターンが減圧潜水状態ではない場合には（ステップ S 37 ; N o）、無減圧可能時間を算出する（ステップ S 38）。

これらの結果、CPU 51 は、表示部 10 の液晶表示パネル 16 に減圧停止深度、減圧停止時間および総浮上時間あるいは無減圧可能時間のいずれか一方を表示することとなる（ステップ S 40）。

【0072】

以上の説明のように本実施形態によれば、潜水パターンに応じて複数のボンベの潜水用ガスの混合比率を設定し、各ボンベの使用タイミングをダイビング前にシミュレーションする。そして、このシミュレーション結果に基づいて、切替タイミングをダイブコンピュータに設定し、実際のダイビングではダイブコンピュータが実際の潜水パターンを考慮してダイバーにボンベの使用タイミングを報知することによりダイビングの安全性を高めることが可能となる。

また各潜水用ガスの混合比率に対する無減圧潜水可能時間、減圧潜水時には、減圧停止に必要な時間と深度をあらかじめシミュレーションできるので、実際のダイビングにおいても、ボンベを切り換えた場合に安全か否かの判別を確実に行うことができる。

【0073】

さらに実際のダイビング中においても、切り換え先の潜水用ガスの混合比率に対する無減圧潜水可能時間、減圧潜水時には、減圧停止に必要な時間と深度を演算するので、ボンベを切り換えた場合に安全か否かの判別を確実に行うことができる。

以上の説明においては、潜水用ガスとして、酸素、窒素及びヘリウムを用いていたが、酸素、窒素および水素の組み合わせなど、潜水状態に応じて既知の各種潜水用ガスを用いることが可能である。

また、以上の説明においては、潜水用ガスを 3 種類用いる場合において説明したが、4 種類以上の潜水用ガスを用いるように構成することも可能である。

さらに以上の説明においては、各ボンベの切り換えは、ダイバーが行う構成を採ってい

たが、ダイバーの指示を待って、自動的に切り換えるように構成することも可能である。もちろんこの場合には、万が一を考慮し、手動で切換可能に構成しておくのが好ましい。さらに酸素中毒の恐れがある場合および酸素欠乏に陥る可能性がある場合には、ダイブコンピュータは、報音装置によるアラーム音の発生、振動発生装置によるアラーム振動の発生あるいは液晶表示パネルにその旨の警告を表示し、自動的なボンベ切り換えを禁止するように構成する必要がある。

【0074】

上記説明では、上述した各種動作を行うためのプログラムが予めROM6に記憶されていることを前提としていた。ただし、これに限らず、図示せぬパーソナルコンピュータやサーバコンピュータとダイブコンピュータを通信ケーブルあるいはネットワークを介して接続し、このパーソナルコンピュータあるいはサーバコンピュータからダイブコンピュータに上記プログラムをダウンロードするような形態であってもよい。この場合、ダイブコンピュータ内の書き換え可能な不揮発性メモリ（図示略）にプログラムが記憶されることになる。そして、MPU1は、この不揮発性メモリからプログラムを読み出して、これを実行すればよい。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図1】 本発明の一実施形態に係るダイブコンピュータの全体構成図である。

【図2】 ダイブコンピュータの詳細構成ブロック図である。

【図3】 浮上速度監視機能実現のための機能ブロック図である。

【図4】 ダイブコンピュータの不活性ガス量算出機能実現のための機能構成ブロック図である。

【図5】 実施形態の潜水具の使用態様図である。

【図6】 実施形態の潜水具の概要構成説明図である。

【図7】 各ボンベに充填された潜水用ガスの混合比率の一例の説明図である。

【図8】 ダイブコンピュータ4の外観正面図である。

【図9】 ダイブコンピュータの各種動作モードにおける表示画面の遷移を模式的に示す図である。

【図10】 ボンベ切換管理モードの表示画面の一例（切換可能時）の説明図である。

【図11】 ボンベ切換管理モードの表示画面の一例（切換不可能時）の説明図である。

【図12】 切換条件設定テーブルの一例の説明図である。

【図13】 切換タイミングの設定例の説明図である。

【図14】 ボンベAについての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「潜水時間」に対応するものである。

【図15】 ボンベCについての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「潜水時間」に対応するものである。

【図16】 ボンベCについての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「体内酸素量」に対応するものである。

【図17】 ボンベCについての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「体内不活性ガス量」に対応するものである。

【図18】 ボンベCについての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「水深」に対応するものである。

【図19】 ダイビング時のダイブコンピュータの処理フローチャートである。

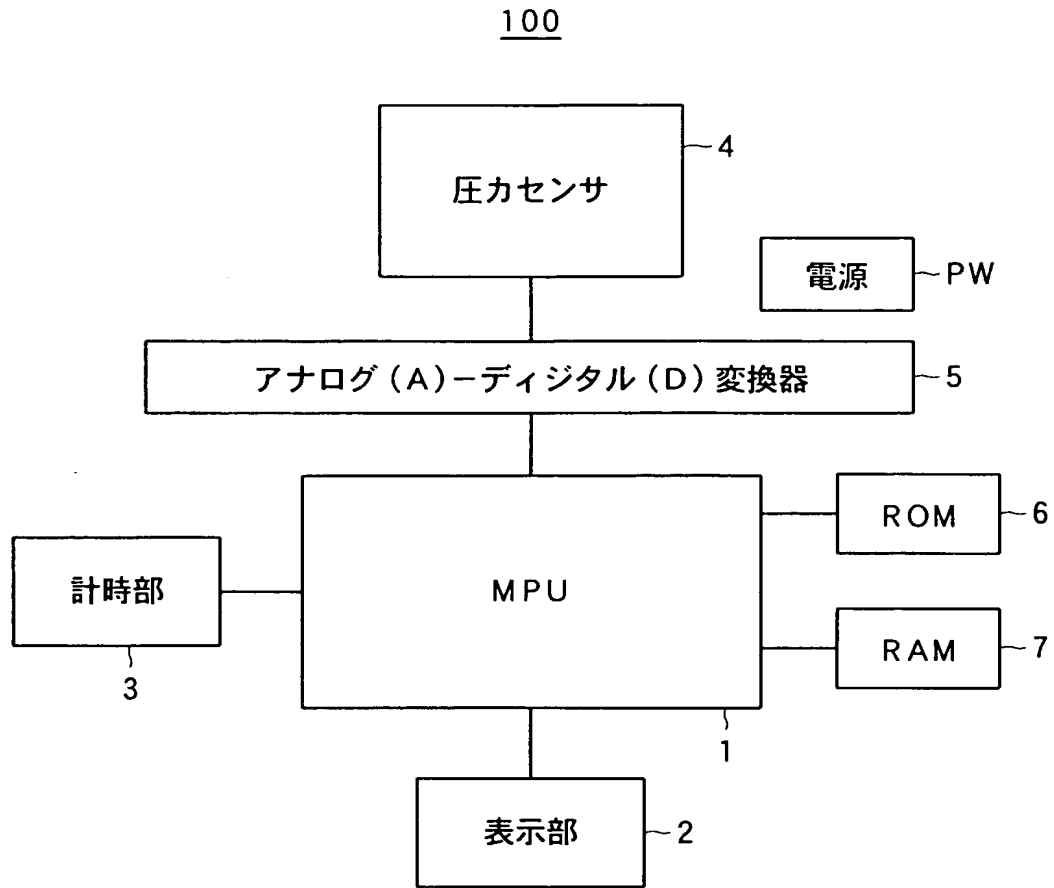
【符号の説明】

【0076】

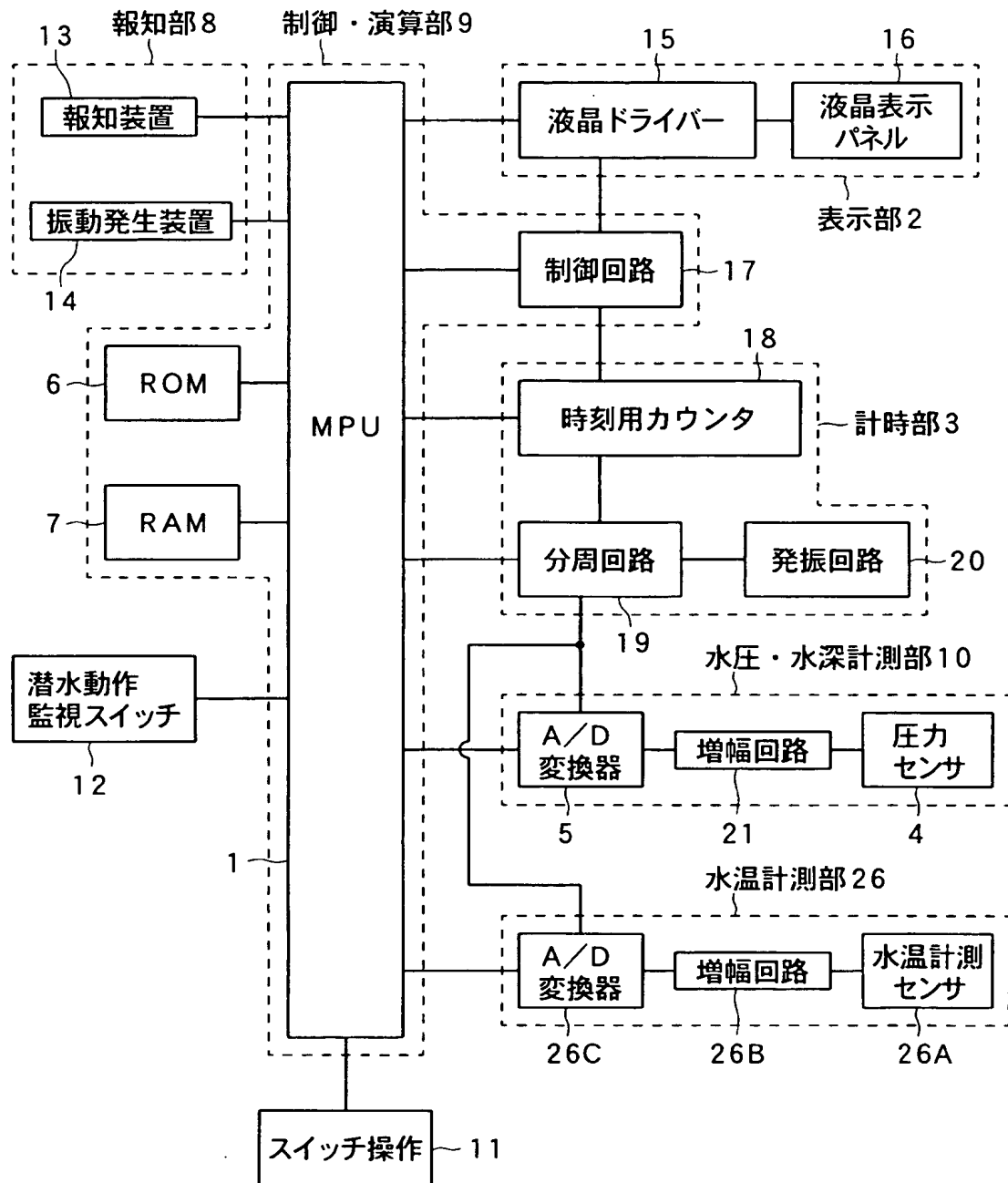
100…ダイブコンピュータ（ダイバーズ用情報処理装置）、105A、105B…スイッチ、200…潜水装備、201…ボンベユニット、202…切換バルブ・レギュレータ、203…水深・残圧計、1…MPU、2…表示部、3…計時部、4…圧力センサ、5…アナログ／デジタル変換器、6…ROM、7…RAM、8…報知部、9…制御・演算

部（浮上速度算出部、浮上速度記憶部、安全性判別部）、10…水圧・水深計測部、11…スイッチ操作部、12…潜水動作監視スイッチ、13…報知装置、14…振動発生装置、15…液晶ドライバ、16…液晶表示パネル、17…制御回路、18…時刻用カウンタ、19…分周回路、20…発振回路、21…増幅回路、22…浮上速度計測部、23…浮上速度基準データ、24…浮上速度違反判定部、25…潜水結果記憶部、26…水温計測部、26A…水温計測センサ（温度計測センサ）、26B…増幅回路、26C…A/D変換器、28…情報表示部、29…報知部（警告部）、30…警告表示部、31…呼吸気不活性ガス分圧算出部、32…呼吸気不活性ガス分圧記憶部、33…比較部、34…半飽和時間選択部、35…体内不活性ガス分圧算出部、36…体内不活性ガス分圧記憶部、37…体内不活性ガス分圧排出時間導出部、38…潜水可能時間導出部、PW…電源部、A～D…ボンベ。

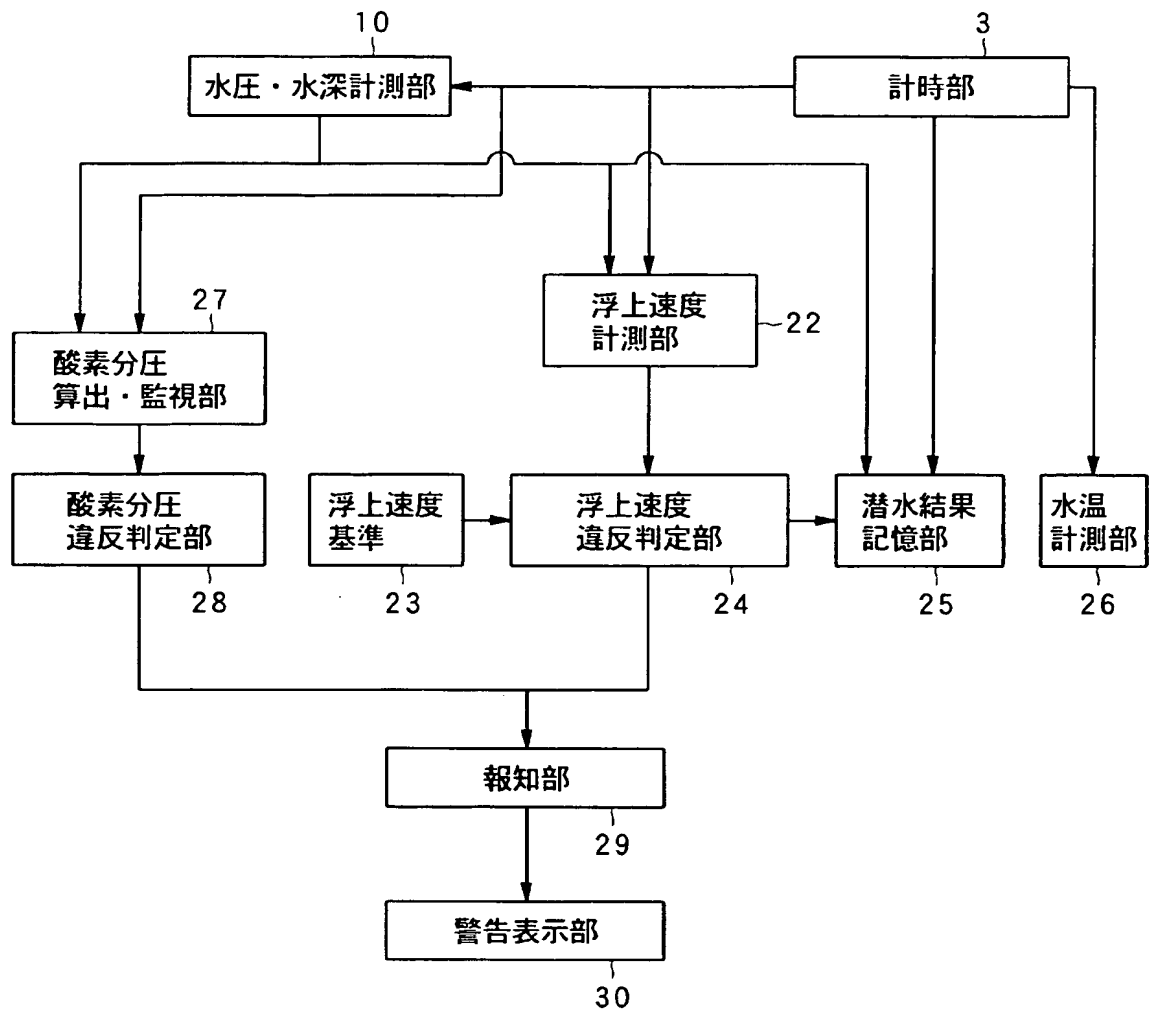
【書類名】 図面
【図 1】



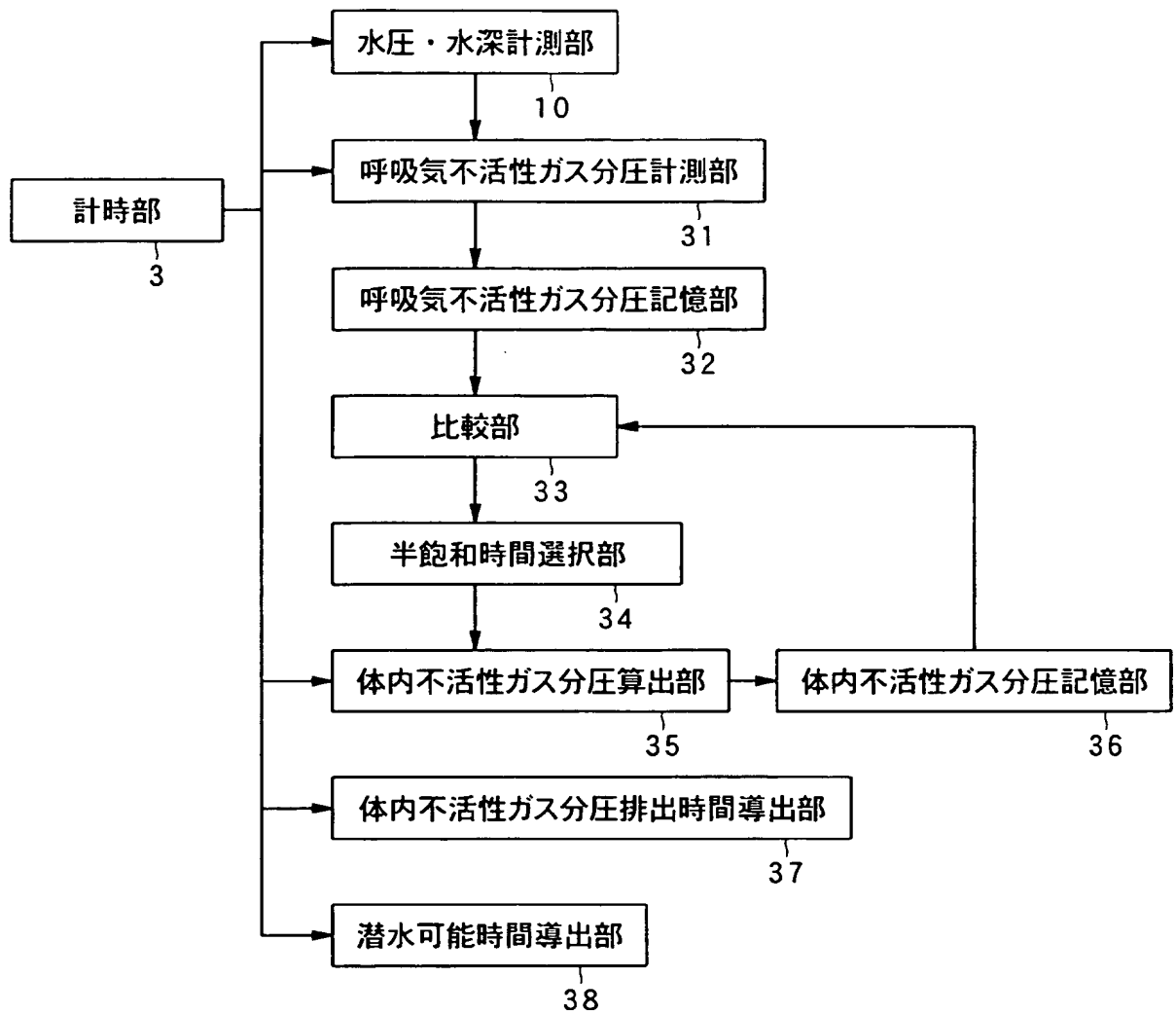
【図 2】



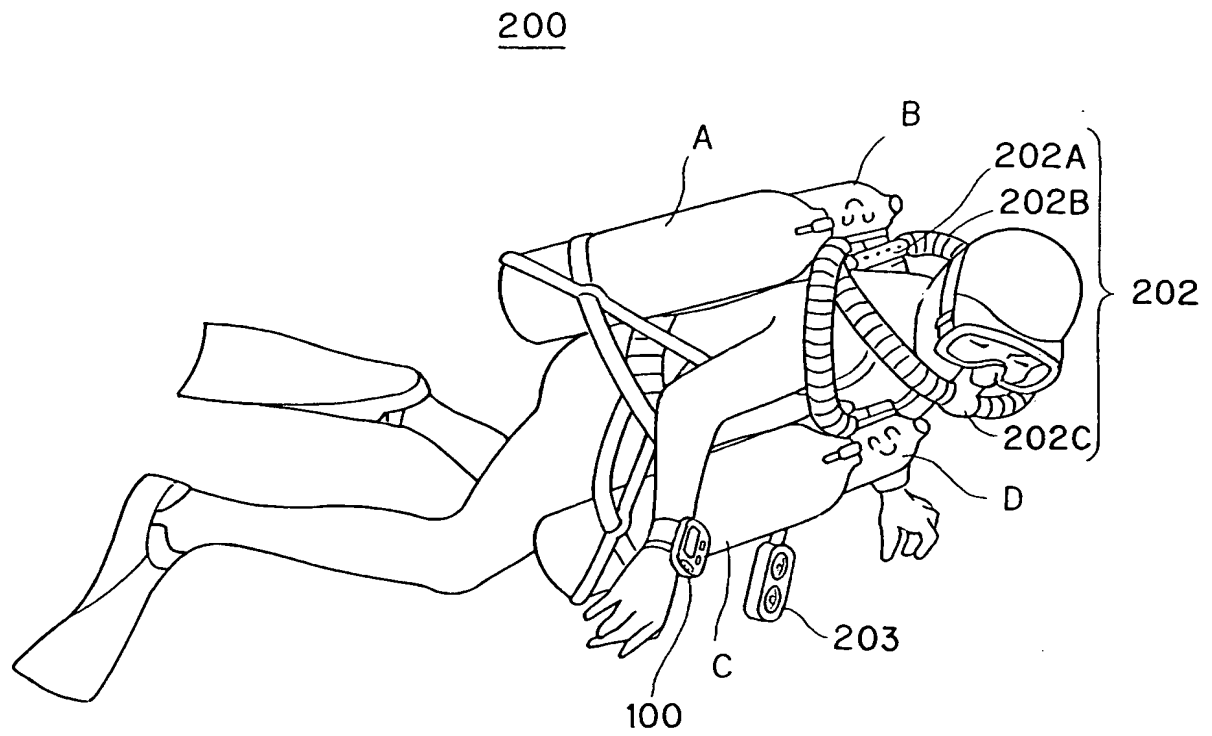
【図 3】



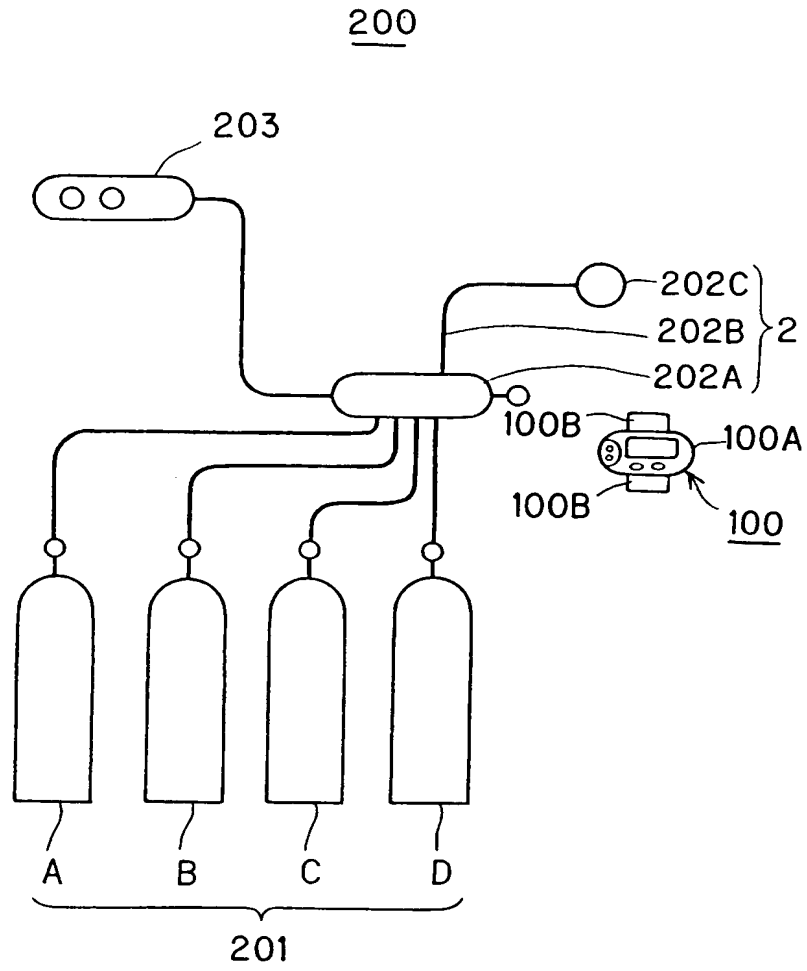
【図 4】



【図 5】



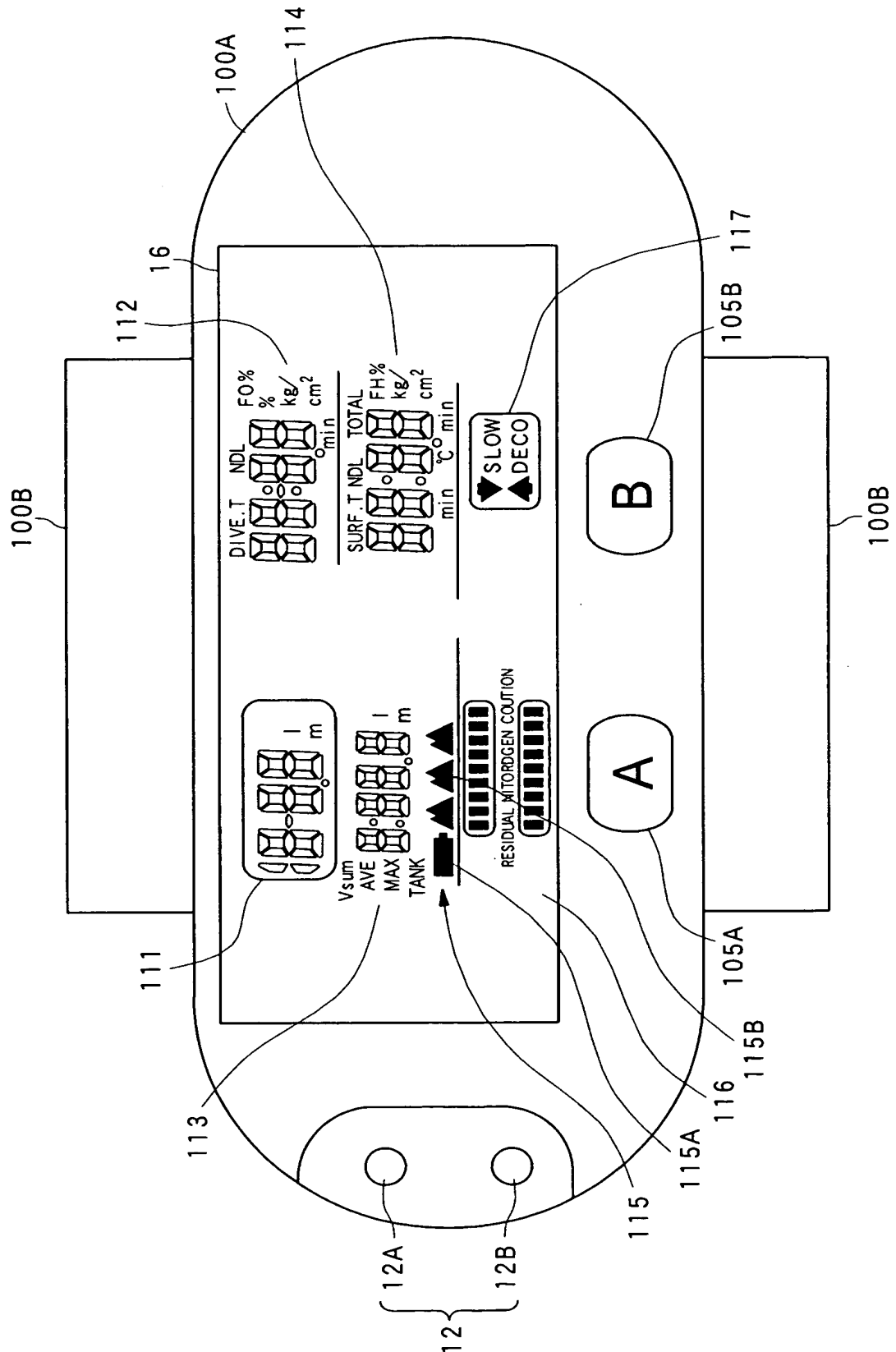
【図 6】



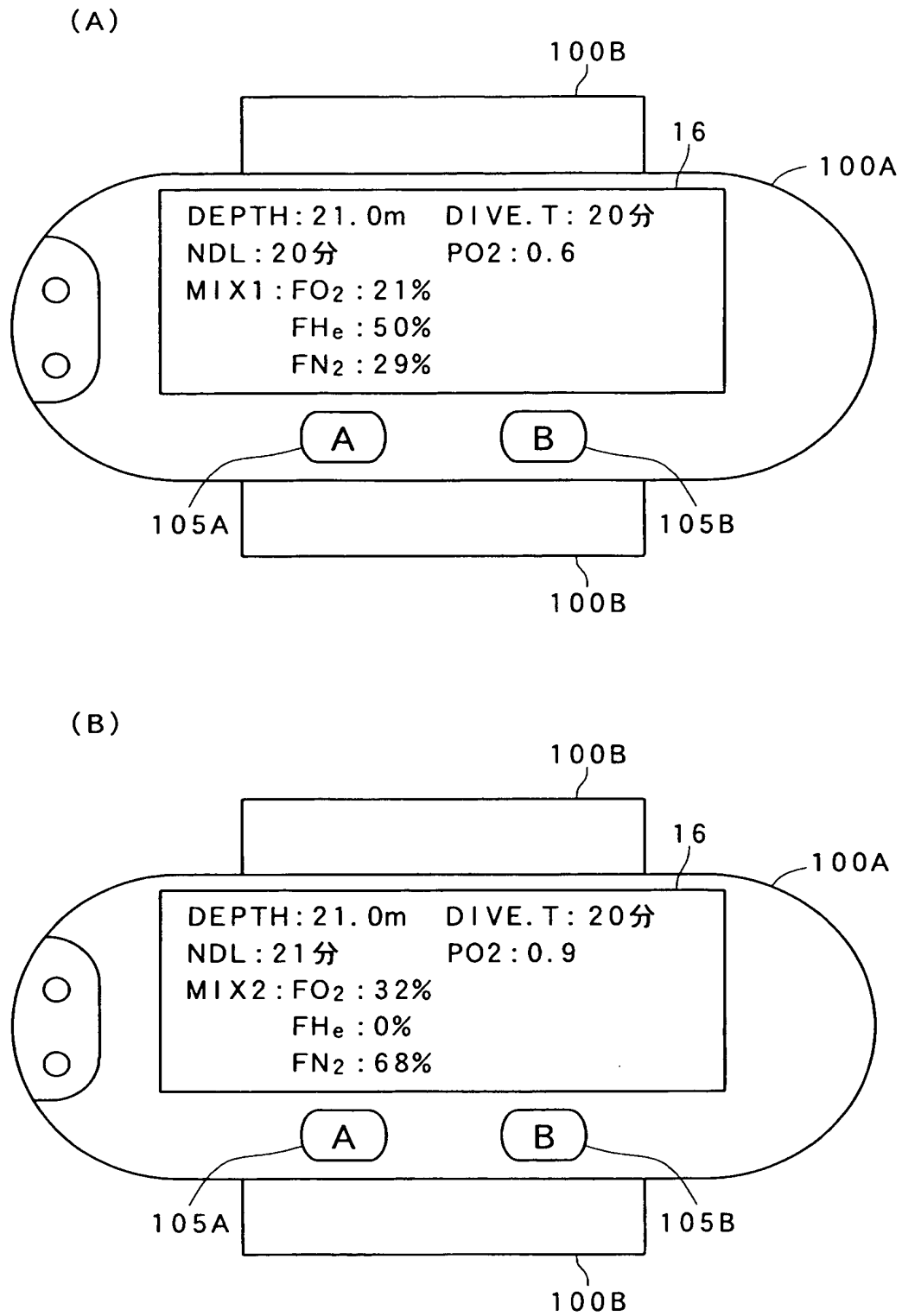
【図 7】

ポンベ	O ₂	N ₂	He
A	21%	79%	0%
B	15%	45%	40%
C	50%	0%	50%
D	70%	10%	20%

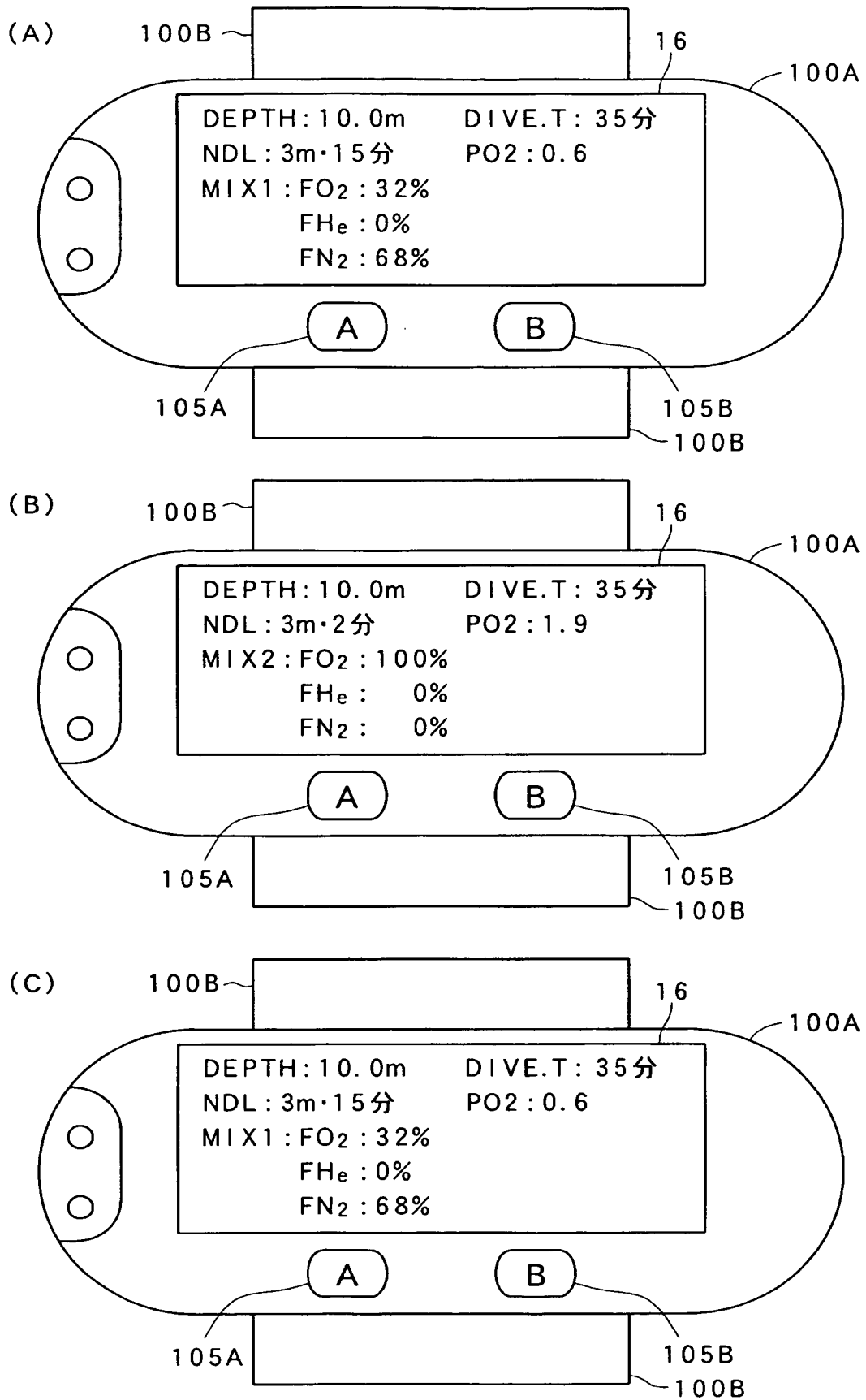
【図 8】



【図 10】



【図 11】



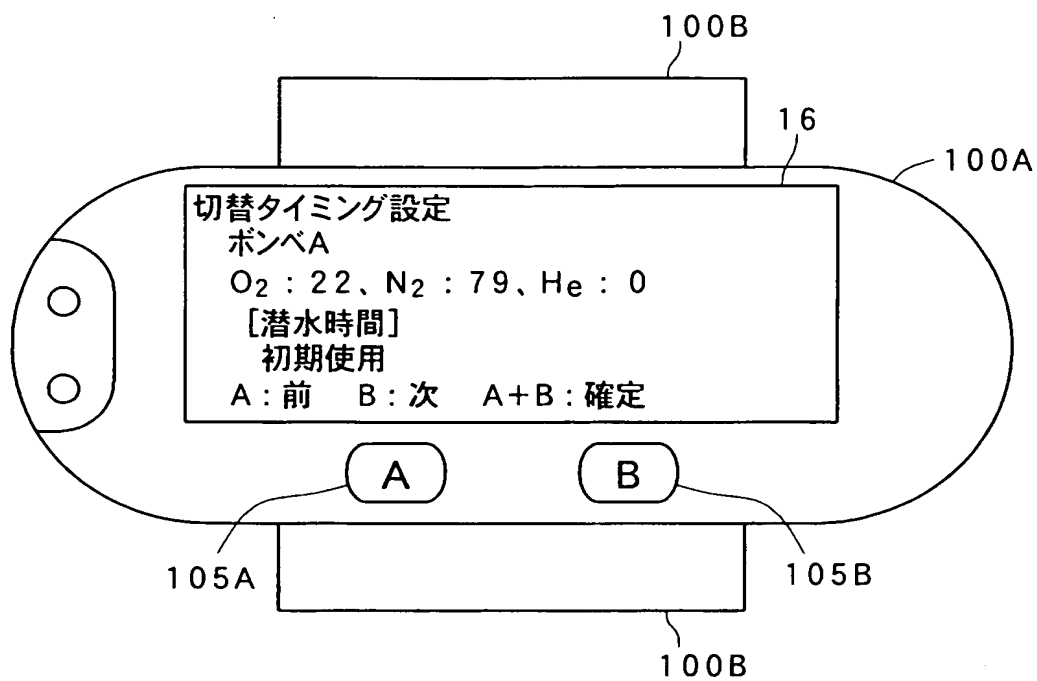
【図 12】

設定コード	項目	条件
1	潜水時間	0分-10分
2		11分-20分
3		21分-30分
4		31分-40分
5		41分-50分
6		51分-60分
7		61分-70分
8		71分-80分
9		81分-90分
10		91分-100分
11	体内酸素量	1-2
12		3-4
13		5-6
14		7-8
16	体内不活性ガス量	1-2
17		3-4
18		5-6
19		7-8
20		9
21	潜水可能時間	200分-151分
22		150分-101分
23		100分-51分
24		50分-0分
25	水深	10m-20m
26		20m-30m
27		30m-40m
28		40m-50m
29		50m-60m
30		60m-70m
31		70m-80m
32		80m-90m
33		90m-100m

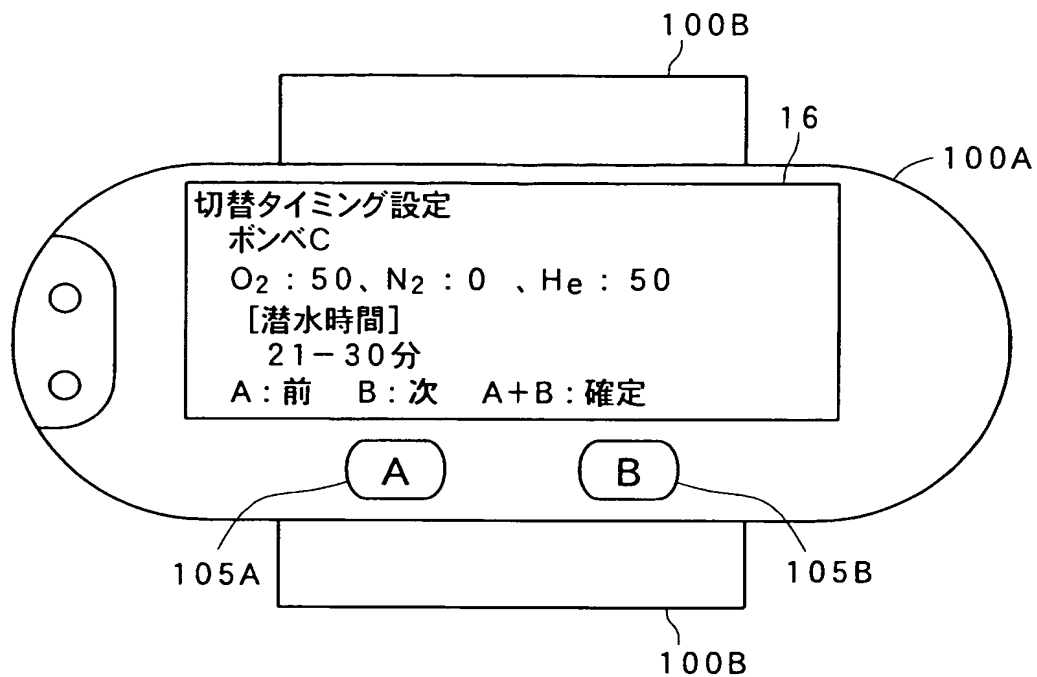
【図 13】

切換タイミング設定
ボンベA : O ₂ :21%、N ₂ :79%、He:0% 初期使用ボンベ
ボンベB : O ₂ :15%、N ₂ :35%、He:40% 1 かつ 27 かつ 17
ボンベC : O ₂ :50%、N ₂ :0%、He:50% 3 かつ 12 かつ 20 かつ 29 の時に切換
ボンベD : O ₂ :70%、N ₂ :10%、He:20% 6 かつ 24 かつ 25

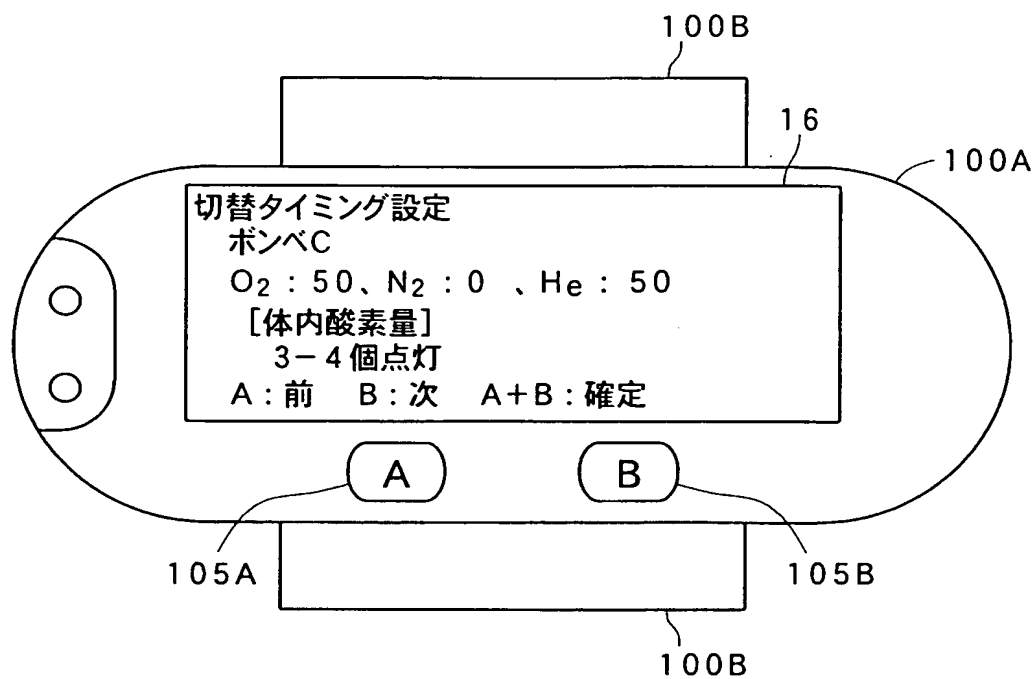
【図 14】



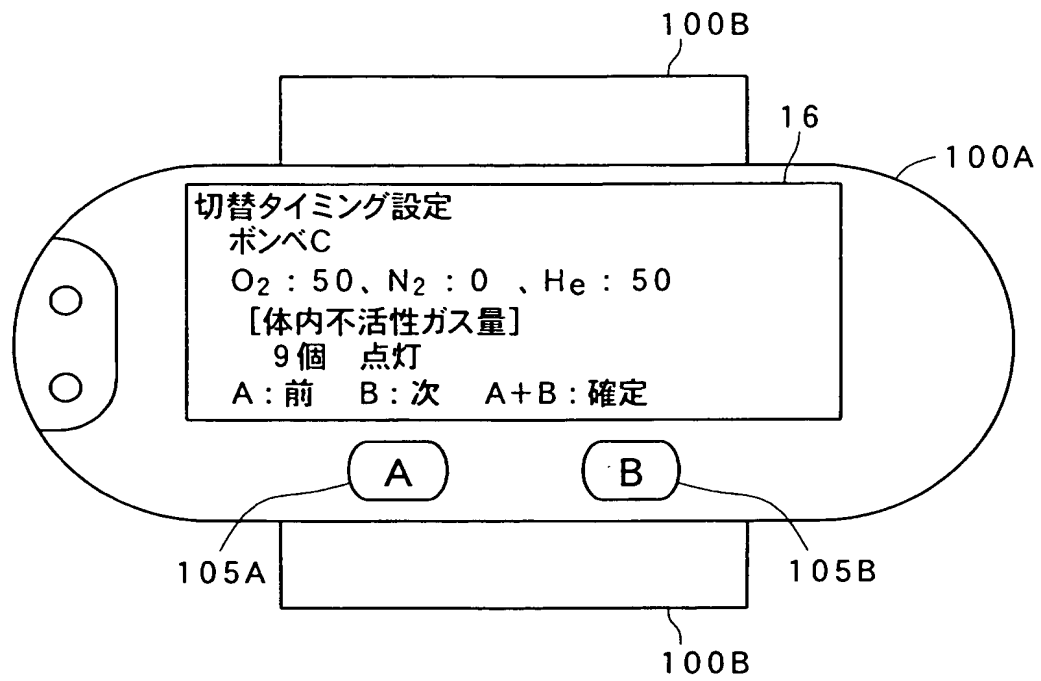
【図 15】



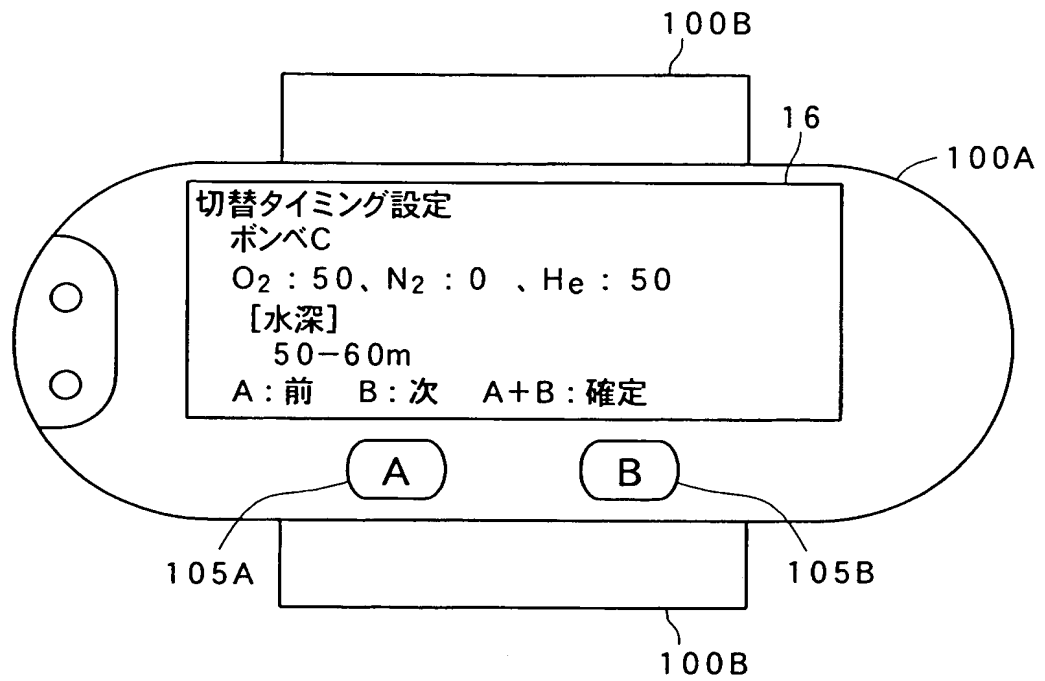
【図 16】



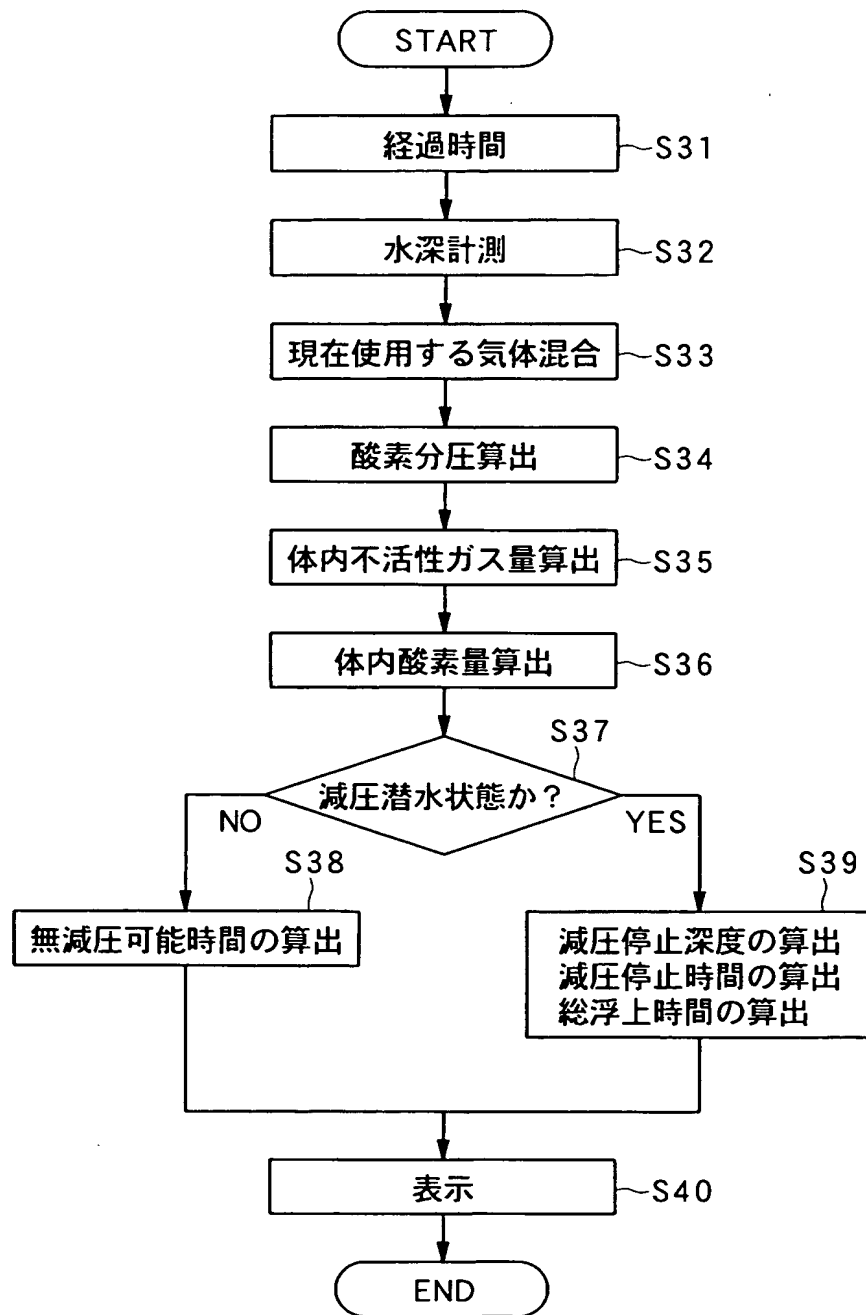
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高深度ダイビングにおいて減圧症、窒素中毒、酸素中毒あるいは酸素欠乏の発生を防止する。

【解決手段】 複数種類の潜水用ガスの混合比率が異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置 1 0 0 は、酸素分圧の算出及び監視を行う酸素分圧算出・監視部 2 7 を備え、操作者が潜水用ガスの混合比率の異なるボンベに切り替えるべく何れかのボンベを選択した場合に、当該選択したボンベが酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあると判定した場合には、選択したボンベへの切り替えを禁止させるべく処理を行う。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-367215
受付番号	50301784750
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成 15 年 10 月 31 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000002369
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
【氏名又は名称】	セイコーエプソン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100091823
【住所又は居所】	東京都千代田区外神田 6 丁目 1 6 番 9 号 外神田 千代田ビル 6 階
【氏名又は名称】	櫛渕 昌之

【選任した代理人】

【識別番号】	100101775
【住所又は居所】	東京都千代田区外神田 6 丁目 1 6 番 9 号 外神田 千代田ビル 6 階
【氏名又は名称】	櫛渕 一江

特願 2 0 0 3 - 3 6 7 2 1 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 3 6 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

氏 名

セイコーエプソン株式会社